



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**SISTEMA DOMÓTICO COMO APLICACIÓN A LA EFICIENCIA ENERGÉTICA,  
PARA GESTIONAR EL USO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN LOS HOGARES**

**Henry Willyam Camó Cojóm**

Asesorado por el Ing. Byron Arrivillaga Méndez

Guatemala, julio de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**SISTEMA DOMÓTICO COMO APLICACIÓN A LA EFICIENCIA ENERGÉTICA,  
PARA GESTIONAR EL USO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN LOS HOGARES**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**HENRY WILLYAM CAMÓ COJÓM**

ASESORADO POR EL ING. BYRON ARRIVILLAGA MÉNDEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA**

GUATEMALA, JULIO DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian De León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Ingrid Salomé Rodríguez de Loukota
EXAMINADOR	Ing. Carlos Eduardo Guzmán Salazar
EXAMINADOR	Ing. Marvin Marino Hernández Fernández
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **SISTEMA DOMÓTICO COMO APLICACIÓN A LA EFICIENCIA ENERGÉTICA, PARA GESTIONAR EL USO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN LOS HOGARES**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería de Mecánica Eléctrica, con fecha 30 de octubre de 2012.

---

**Henry Willyam Camó Cojóm**

Guatemala 07 de abril de 2015.

Ingeniero:

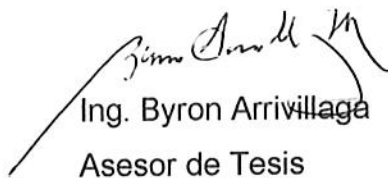
Carlos Eduardo Guzmán Salazar  
Coordinador Área de Electrónica  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Carlos Guzman:

En cumplimiento con los requisitos establecidos por la facultad de ingeniería para la presentación del trabajo de graduación, hago de su conocimiento que he revisado la tesis titulada "**SISTEMA DOMÓTICO COMO APLICACIÓN A LA EFICIENCIA ENERGÉTICA, PARA GESTIONAR EL USO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN LOS HOGARES**", realizada por el estudiante Henry Willyam Camó Cojóm, llegando a la determinación que el trabajo cumple con los requisitos y objetivos requeridos para continuar con los trámites correspondientes.

Por lo anteriormente expuesto, queda el autor de este trabajo de graduación y yo como asesor, responsables del contenido total del mismo.

Atentamente:



Ing. Byron Arrivillaga  
Asesor de Tesis

**Ing. Byron Arrivillaga Méndez**  
**Col. 5217**



Ref. EIME 23. 2015  
Guatemala, 15 de abril 2015.

Señor Director  
Ing. Guillermo Antonio Puente Romero  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica  
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado:  
**SISTEMA DOMÓTICO COMO APLICACIÓN A LA  
EFICIENCIA ENERGÉTICA, PARA GESTIONAR EL USO DE  
LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN LOS HOGARES**, del estudiante  
**Henry Willyam Camó Cojóm**, que cumple con los requisitos  
establecidos para tal fin.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,  
ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. ~~Carlos Eduardo Guzmán Salazar~~  
Coordinador Área Electrónica



S/O



REF. EIME 24. 2015.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; HENRY WILLYAN CAMÓ COJÓM titulado: SISTEMA DOMÓTICO COMO APLICACIÓN A LA EFICIENCIA ENERGÉTICA, PARA GESTIONAR EL USO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN LOS HOGARES, procede a la autorización del mismo.

Ing. Guillermo Antonio Puente Romero



GUATEMALA, 27 DE MAYO 2015.



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica al trabajo de graduación titulado: **SISTEMA DOMÓTICO COMO APLICACIÓN A LA EFICIENCIA ENERGÉTICA, PARA GESTIONAR EL USO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN LOS HOGARES**, presentado por el estudiante universitario: **Henry Willyam Camó Cojóm**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Pedro Antonio Aguilar  
Decano



Guatemala, julio de 2015

/cc



## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **Mis padres**

Toribio Camó Jerónimo y Giliberta Cojóm Morales, personas que me regalaron la vida y me han enseñado tantos principios, valores y competencias que hoy poseo como ser humano; por brindarme a diario sus consejos, experiencias e inspiración para ser cada día mejor; motivándome a seguir adelante en mi meta de ser un servidor profesional de la ingeniería.

### **Mis hermanos**

Blandina Del Rosario, Norma Judith y Rudy Amílcar Camó Cojom, compañeros y amigos incondicionales de vida, que con su aliento, cariño y amor, me motivan a seguir mis sueños de éxito y felicidad.

### **Mis abuelos**

Martina Morales (q. e. p. d.), Vicente Cojóm (q. e. p. d.), Estéfana Jerónimo (q. e. p. d.) y Gabino Camó, quienes con su infinita experiencia de vida, me mostraron el camino correcto que he debido tomar, sus invaluable e incalculables consejos útiles para tomar decisiones importantes en mi vida.

**Mis padrinos**

Prof. Hector Fernández y Margarita García de Fernández, por apoyarme en todo momento a seguir mis sueños.

**Mis tíos**

Por sus sabios consejos y buenos ejemplos que influenciaron de buena manera en mi vida.

**Mis primos**

Por estar siempre dispuestos a tenderme la mano en los momentos en los que lo he necesitado.

**Mis amigos de la  
Facultad**

Marko Arias, Alfredo Fernández, Allan Rosales, José Tupas y Oswaldo Velásquez, fieles compañeros de estudio y profesión, gracias por su ayuda e impulso que han dado a mis sueños, por haber estado conmigo en los triunfos y fracasos.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Universidad de San  
Carlos de Guatemala**

Por haberme dado la oportunidad y todos los medios necesarios para ser un profesional de la ingeniería, profesión con la que serviré a mi país.

**Facultad de Ingeniería**

Por brindarme todo el conocimiento necesario en el campo de la ingeniería electrónica y enseñarme el verdadero significado del deber profesional.

**Mis catedráticos  
universitarios**

Por compartirme sin egoísmo su conocimiento y experiencia en el ámbito profesional.

**Mi país**

Por haberme visto nacer y darme todo lo que tengo, hoy estoy orgulloso de servir a Guatemala como profesional de la ingeniería.



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	IX
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XIII
GLOSARIO .....	XV
RESUMEN.....	XXI
OBJETIVOS.....	XXIII
INTRODUCCIÓN.....	XXV
1. ANTECEDENTES Y USO ACTUAL DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN LOS HOGARES .....	1
1.1. Planteamiento del problema .....	1
1.1.1. Descripción del problema .....	2
1.1.2. Definición del problema .....	3
1.2. Justificación del proyecto de investigación .....	3
2. FUNDAMENTOS DE LA DOMÓTICA .....	5
2.1. Terminología y definiciones de domótica.....	5
2.1.1. Terminología.....	5
2.1.2. Definiciones .....	6
2.1.2.1. Domótica.....	6
2.1.2.2. Edificios inteligentes .....	7
2.2. Historia y evolución de la domótica .....	9
2.2.1. Origen e historia .....	9
2.2.2. Evolución y desarrollo.....	10
2.3. Características generales .....	12
2.3.1. Arquitectura de la domótica .....	13

2.3.2.	Actuación de la domótica .....	15
2.4.	Auge de la domótica y su importancia hoy en día.....	16
2.5.	Ramas y aplicaciones de la domótica .....	17
2.5.1.	Accesibilidad .....	18
2.5.1.1.	Ventajas de la domótica como accesibilidad.....	20
2.5.2.	Comodidad.....	20
2.5.3.	Seguridad.....	22
2.5.3.1.	Protección exterior .....	23
2.5.3.2.	Protección interior .....	24
2.5.3.3.	Protección personal.....	25
2.5.3.4.	Alarmas técnicas o de detección.....	25
2.5.4.	Comunicaciones.....	26
2.5.5.	Eficiencia energética .....	27
2.5.5.1.	Fuentes de energía alternativas .....	28
2.5.5.1.1.	Energía nuclear.....	28
2.5.5.1.2.	Energía renovable.....	29
2.5.5.2.	Gestión energética en aparatos y sistemas .....	37
2.5.5.2.1.	Iluminación.....	40
2.5.5.2.2.	Climatización y agua sanitaria.....	41
2.5.5.2.3.	Aparatos electrodomésticos .....	42
2.5.5.2.4.	Medición, seguridad y otras comodidades.....	43
2.6.	Beneficios del sistema domótico para el ahorro energético ....	44
2.7.	Protocolos como medios de interconexión .....	45

3.	DISEÑO DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO PARA UN HOGAR .....	47
3.1.	Energía solar fotovoltaica .....	47
3.1.1.	Introducción .....	47
3.1.1.1.	El efecto fotovoltaico.....	47
3.1.1.2.	La radiación solar .....	49
3.1.1.3.	El panel solar fotovoltaico .....	50
3.1.1.4.	Ventajas y desventajas de las instalaciones fotovoltaicas .....	52
3.1.1.5.	Autoconsumo fotovoltaico y paridad de red .....	54
3.1.2.	Desarrollo de la energía solar fotovoltaica.....	54
3.1.2.1.	El desarrollo fotovoltaico mundial .....	55
3.1.2.2.	El desarrollo fotovoltaico en Guatemala .....	57
3.1.3.	Instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red eléctrica .....	59
3.1.3.1.	Elementos que componen la instalación.....	61
3.1.3.2.	Acometida eléctrica .....	65
3.2.	Diseño de un sistema solar fotovoltaico para un hogar .....	65
3.2.1.	Dimensionamiento según el consumo energético real de las cargas en un hogar .....	66
3.2.2.	Dimensionamiento según condiciones de irradiación en el lugar .....	70
3.2.3.	Capacidad, características y número de paneles solares .....	72
3.2.4.	Capacidad y características del banco de baterías.....	75

3.2.5.	Capacidad y características del controlador de carga .....	76
3.2.6.	Capacidad y características de inversor.....	78
3.2.7.	Capacidad y características del medidor eléctrico bidireccional .....	79
3.2.8.	Cableado de interconexión.....	80
3.2.9.	Protección de sobrecorrientes, contra rayos y puesta a tierra .....	83
3.3.	Cálculos justificativos del sistema solar fotovoltaico .....	84
3.3.1.	Producción energética del sistema solar fotovoltaico .....	84
3.4.	Mantenimiento del sistema solar .....	86
3.4.1.	Paro del sistema solar por mantenimiento .....	86
3.4.2.	Operaciones comunes de mantenimiento .....	87
3.5.	Legislación vigente para sistemas solares en Guatemala.....	88
3.6.	Lista de componentes y presupuesto del proyecto solar fotovoltaico .....	91
4.	DISEÑO DE UN SISTEMA DOMÓTICO APLICADO A LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN FUENTES LUMINOSAS .....	93
4.1.	Conceptos y fundamentos de Iluminación y visión.....	93
4.1.1.	Introducción.....	93
4.1.2.	Naturaleza de la luz y su espectro electromagnético .....	94
4.1.3.	Características de la visión del ojo humano .....	96
4.1.3.1.	El ojo humano y la visión.....	96
4.1.3.2.	Características de la percepción visual del ojo humano.....	97



4.1.3.3.	Factores objetivos en el proceso visual .....	99
4.1.4.	Eficiencia y condiciones óptimas de iluminación en un hogar.....	100
4.1.4.1.	Capacidad para aprovechar la luz natural.....	102
4.1.4.2.	Color del lugar a iluminar.....	103
4.1.4.3.	Diseño del lugar a iluminar y su luminancia media.....	104
4.1.4.4.	Fuentes luminosas ahorradoras de energía .....	107
4.2.	Sistema domótico aplicado a la eficiencia energética en fuentes luminosas.....	109
4.2.1.	Descripción del proyecto .....	109
4.2.2.	Circuito del proyecto.....	127
4.2.3.	Funcionamiento del proyecto.....	130
4.2.4.	Lista de componentes y presupuesto del proyecto domótico eficiente en iluminación .....	138
5.	DISEÑO DE UN SISTEMA DOMÓTICO APLICADO A LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN CLIMATIZACIÓN Y ACS.....	139
5.1.	Energía solar térmica.....	139
5.1.1.	Funcionamiento de la energía solar térmica.....	140
5.1.2.	Aplicaciones de la energía solar térmica .....	140
5.1.3.	Colectores de energía solar térmica .....	141
5.1.4.	Colector de baja temperatura para agua caliente sanitaria .....	142
5.2.	El clima como condicionantes en el cuerpo humano.....	147
5.2.1.	Temperatura corporal .....	148

5.2.2.	El cuerpo humano y su equilibrio térmico.....	149
5.2.3.	Clima ideal para el cuerpo humano (entre 21 y 26 °C) .....	150
5.3.	Clima en Guatemala.....	151
5.3.1.	Tipos de climas en Guatemala .....	151
5.3.2.	Climatización en Guatemala.....	152
5.4.	Sistema domótico aplicado a la eficiencia energética en climatización y ACS.....	153
5.4.1.	Descripción del proyecto .....	153
5.4.2.	Circuitos del proyecto .....	162
5.4.3.	Funcionamiento del proyecto .....	165
5.4.4.	Lista de componentes y presupuesto del proyecto domótico eficiente en climatización .....	169
6.	DISEÑO DE UN SISTEMA DOMÓTICO APLICADO A LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ELECTRODOMÉSTICOS.....	171
6.1.	Electrodomésticos y su impacto actual en los hogares de Guatemala.....	171
6.2.	Cómo ahorrar energía en el uso de electrodomésticos.....	173
6.2.1.	Seguridad en las instalaciones eléctricas.....	173
6.2.2.	Elección de electrodomésticos eficientemente.....	175
6.2.3.	Modificación de hábitos en el uso de electrodomésticos .....	183
6.2.4.	Uso racional de los electrodomésticos .....	188
6.3.	Sistema domótico aplicado a la eficiencia energética en electrodomésticos .....	189
6.3.1.	Descripción de proyecto .....	189
6.3.2.	Circuito del proyecto.....	193
6.3.3.	Funcionamiento del proyecto .....	195

6.3.4.	Lista de componentes y presupuesto del proyecto domótico eficiente en electrodomésticos.....	198
7.	SEGURIDAD ELÉCTRICA, SISTEMA DE MEDICIÓN Y OTRAS COMODIDADES .....	201
7.1.	Seguridad eléctrica.....	201
7.1.1.	Efectos de la corriente eléctrica en el cuerpo humano.....	202
7.1.2.	Medidas de protección para la seguridad eléctrica .....	204
7.2.	Medidor de energía eléctrica .....	204
7.2.1.	Funciones básicas del medidor eléctrico monofásico bidireccional .....	205
7.2.2.	Lectura del medidor eléctrico bidireccional.....	206
7.2.3.	Otras comodidades en el hogar que consumen energía eléctrica .....	209
8.	IMPACTO NEGATIVO QUE CAUSA LA GENERACIÓN Y EL MAL USO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA .....	211
8.1.	Impacto ambiental .....	211
8.1.1.	Nuestro planeta Tierra y el medio ambiente .....	211
8.1.2.	Impactos negativos causados al medio ambiente .....	212
8.2.	Impacto económico .....	224
8.2.1.	Impactos negativos causados a la economía familiar .....	224
8.2.2.	Impactos negativos causados a la economía mundial .....	229

8.3.	Cómo disminuir el impacto negativo causado por la generación y uso excesivo de energía eléctrica.....	233
8.3.1.	Cómo disminuir impacto negativo causado por la generación de energía eléctrica .....	233
8.3.2.	Cómo disminuir impacto negativo causado por el uso excesivo de energía eléctrica .....	234
CONCLUSIONES.....		237
RECOMENDACIONES .....		239
BIBLIOGRAFÍA.....		241
APÉNDICES.....		243
ANEXOS.....		245

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Rotación de la Tierra alrededor del Sol .....	33
2.	Secuencia de un sistema de control retroalimentado.....	39
3.	Radiación solar .....	49
4.	Fotografía de paneles solares.....	52
5.	Desarrollo fotovoltaico estimado al 2020.....	56
6.	Esquema del sistema fotovoltaico .....	61
7.	Paneles solares en distintas regiones del planeta .....	70
8.	Inclinación óptima de un panel solar en territorio nacional.....	71
9.	Espectro electromagnético.....	95
10.	Partes del ojo humano .....	97
11.	Esquema del proyecto.....	110
12.	Fuente de poder eléctrica.....	111
13.	Sensor de luz MSE-S130 .....	113
14.	Sensor de movimiento PIR #555-28027.....	114
15.	Teclado numérico matricial .....	115
16.	Pantalla LCD WH2004A.....	117
17.	Reloj RTC2 DS1307.....	118
18.	Módulo de potencia aislado, ocho canales.....	120
19.	Motor eléctrico.....	123
20.	Unidad de proceso central .....	124
21.	PIC 16F877A.....	125
22.	Cristal 20 MHz.....	126
23.	Cableado de interconexión.....	127

24.	Circuito del proyecto .....	128
25.	Efecto termosifón .....	144
26.	Componentes de un captador solar de tubos al vacío .....	147
27.	Esquema del proyecto .....	154
28.	Sensor SEN11301P.....	156
29.	Sensor SPF11050.....	157
30.	Sensor R-Series .....	158
31.	Ventilador de pared .....	159
32.	Aire acondicionado de pared .....	161
33.	Colector solar de tubos al vacío.....	162
34.	Circuito del proyecto, diseñado en Proteus 8 .....	163
35.	Etiqueta Energy Star.....	177
36.	Etiqueta Energy Guide.....	178
37.	Nueva etiqueta de eficiencia energética .....	180
38.	Esquema del proyecto .....	191
39.	Tomacorriente dúplex .....	192
40.	Circuito del proyecto, diseñado en Proteus 8 .....	193
41.	Medidor eléctrico bidireccional “Itron Sentinel” .....	206
42.	Energía consumida de la red eléctrica.....	207
43.	Energía inyectada a la red eléctrica.....	208
44.	Saldo de energía que debe al proveedor.....	208

## TABLAS

I.	Flujo anual de energías renovables en la Tierra .....	34
II.	Potencia de los aparatos eléctricos más comunes en un hogar y su consumo diario y mensual .....	69
III.	Irradiancia media anual en territorio nacional de una superficie a distintos ángulos de inclinación .....	72

IV.	Características de los paneles solares.....	74
V.	Características de las baterías.....	76
VI.	Características del controlador de cargas.....	77
VII.	Características del inversor.....	79
VIII.	Característica de conductores.....	82
IX.	Producción y consumo de energética anual.....	85
X.	Presupuesto del proyecto solar fotovoltaico.....	92
XI.	Reflectancias aproximadas para pared, techo y piso.....	104
XII.	Iluminancia en lugares según el tipo de tarea.....	106
XIII.	Iluminación media en diferentes lugares.....	121
XIV.	Características de 3 lámparas led.....	122
XV.	Presupuesto del proyecto domótico eficiente en iluminación.....	138
XVI.	Presupuesto del proyecto domótico eficiente en climatización y agua sanitaria.....	170
XVII.	Presupuesto del proyecto domótico eficiente en uso de electrodomésticos.....	199
XVIII.	Efectos de la corriente el cuerpo humano.....	203
XIX.	Consumo eléctrico de aparatos en <i>stand by</i> .....	227





## LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Amperios
AH	Amperios Hora
B	Bits
\$	Dólar
EJ	Exajulios
°C	Grados centígrados
Hz	Hertz
KB	Kilobytes
Km/s	Kilómetros por segundo
Km <sup>2</sup>	Kilómetros cuadrados
Kwh	Kilovatio hora
Lm	Lumen
Lm/W	Lumen por Watt
Lx	Lux
m	Metros
mm	Milímetros
Nm	Nanómetro
Ω	Ohmios
Q	Quetzales
V	Voltios
W	Watt
W/m <sup>2</sup>	Watt por metro cuadrado
Wh	Watt hora



## **GLOSARIO**

<b>AC</b>	Corriente alterna.
<b>ACS</b>	Agua caliente sanitaria.
<b>ADC</b>	Convertidor análogo digital.
<b>Bit</b>	Acrónimo de <i>Binary digit</i> (dígito binario). Es un dígito del sistema de numeración binario y símbolo de la unidad de almacenamiento.
<b>Byte</b>	Unidad de información utilizada como un múltiplo del bit, equivale a 8 bits.
<b>Carga eléctrica</b>	Propiedad física intrínseca de algunas partículas subatómicas se manifiesta mediante fuerzas de atracción y repulsión, entre ellas, su unidad es el coulomb representada con la letra C.
<b>CCTV</b>	Circuito cerrado de televisión.
<b>CMOS</b>	Complementary Metal-Oxide-Semiconductor.
<b>CNEE</b>	Comisión Nacional de Energía Eléctrica.

<b>Corriente eléctrica</b>	Flujo de carga eléctrica por unidad de tiempo que fluye en un material. Su unidad es el amperio se representa con la letra A.
<b>EEGSA</b>	Empresa Eléctrica de Guatemala.
<b>Eficiencia</b>	Capacidad de disponer de los mejores medios y recursos para obtener resultados.
<b>Electricidad</b>	Fenómeno físico resultante de la presencia y flujo de cargas eléctricas en un conductor.
<b>Electromagnetismo</b>	Rama de la física que estudia y unifica los fenómenos eléctricos y magnéticos en una sola teoría.
<b>Energía eléctrica</b>	Capacidad eléctrica que resulta de la existencia de una diferencia de potencial entre dos puntos, utilizada para realizar trabajo, su unidad es el joule, se representa con la letra J.
<b>Espectro</b>	Resultado de la dispersión de un conjunto de radiaciones de cualquier fenómeno ondulatorio, de tal manera que resulten separados.
<b>EVA</b>	Etileno-Vinilo-Acetato.

<b>Frecuencia</b>	Magnitud que mide el número de repeticiones por unidad de tiempo de cualquier fenómeno o suceso periódico.
<b>FV</b>	Fotovoltaica.
<b>GPS</b>	Global Positioning System.
<b><i>Hardware</i></b>	Todas las partes tangibles de un sistema informático.
<b>LCD</b>	Liquid Crystal Display.
<b>LED</b>	Light Emited Diode.
<b>MEM</b>	Ministerio de Energía y Minas.
<b>NTGDR</b>	Norma Técnica de Generación Distribuida Renovable.
<b>NTSD</b>	Normas Técnicas del Servicio de Distribución.
<b>ONG</b>	Organización no Gubernamental.
<b>PIC</b>	Controlador programable de interruptores.
<b>Potencia eléctrica</b>	Cantidad de energía eléctrica absorbida por un elemento por unidad de tiempo. Su unidad es el watt se representa con la letra W.

<b>Radiación</b>	Fenómeno que consiste en la propagación de energía en forma de ondas electromagnéticas o partículas subatómicas a través del vacío o de un medio material.
<b>Resistencia eléctrica</b>	Oposicion que tienen los electrones al moverse a través de un conductor. Su unidad es el ohmio, se representa con la letra griega omega ( $\Omega$ ).
<b>SAI</b>	Sistema de alimentación ininterrumpida.
<b>SGE</b>	Sistema de gestión energética.
<b>Simulador</b>	Aparato o software informático que permite la simulación de sensaciones o experiencias reales de un sistema.
<b>Sistema</b>	Objeto complejo cuyos componentes se relacionan con al menos algún otro componente, puede el material o conceptual.
<b>Software</b>	Equipamiento o soporte lógico de un sistema informático. Comprende el conjunto de los componentes lógicos necesarios que hacen posible la realización de tareas específicas utilizando el hardware.
<b>TTL</b>	Transistor transistor lógico.

<b>UAEE</b>	Usuarios autoprodutores con excedentes de energía.
<b>UCI</b>	Unidad Central Inteligente.
<b>UE</b>	Unión Europea.
<b>UPC</b>	Unidad de Proceso Central.





## **RESUMEN**

El presente trabajo de graduación contiene el diseño de un sistema domótico aplicado a la eficiencia energética en los hogares y toma dos ramas importantes para lograrlo. La primera se enfoca en aprovechar la energía solar, y la segunda en establecer técnicas aplicadas a la gestión eficiente de la energía eléctrica a utilizar. Estas dos ramas abordan la problemática de manera conjunta e interrelacionadas para lograr un ahorro energético significativo. Se describen, a lo largo de sus capítulos, cada uno con objetivos y resultados claros, explicados a continuación:

En el capítulo uno se presentan los antecedentes y uso actual de la energía eléctrica en los hogares, dando un enfoque de la problemática existente sobre la falta de eficiencia energética, problema que pretende disminuir este trabajo de graduación.

Durante el capítulo dos se exponen los conceptos y fundamentos de la domótica, como antesala a los siguientes capítulos, enfocándose principalmente en la domótica como aplicación a la eficiencia energética.

En el tercer capítulo se presentan el diseño e instalación de un sistema de paneles solares fotovoltaico, como una de las acciones para utilizar fuentes de energía renovables. El principal objetivo es dar una alternativa real de generación de energía eléctrica independiente, que inyecte energía a la red eléctrica domiciliar.

También, en el capítulo cuatro, se presenta el diseño e instalación de un sistema domótico aplicado a la eficiencia energética en fuentes luminosas, siendo este uno de los principales factores influyentes en el consumo diario de energía residencial. Sistema que reducirá el monto de la factura eléctrica mensual, aportando comodidad y seguridad en cuanto a iluminación se refiere.

En el capítulo cinco se presenta el diseño e instalación de un sistema domótico aplicado a la eficiencia energética en climatización y ACS, siendo otra de las aplicaciones donde se utilizará la energía solar térmica como fuente de calor para lograr climatización y agua sanitaria. También se utilizarán herramientas para gestionar de manera eficiente un sistema de climatización, ganando comodidad y confort en el hogar.

Durante el sexto capítulo se describe el diseño e instalación de un sistema domótico aplicado a la eficiencia energética en el uso de electrodomésticos, el cual podrá racionalizar su uso, erradicando con esta acción el consumo en modo de espera (*stand by*).

Se exponen, en el capítulo siete, los términos y conceptos de importancia eléctrica dentro de un hogar, tales como la seguridad eléctrica, medición de consumo eléctrico y comodidades que las afectan a cada una de ellas.

Y por último se describe el impacto negativo que causa la generación y uso excesivo de la energía eléctrica, exponiendo las acciones a realizar para contrarrestarlo.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Diseñar un sistema domótico como aplicación a la eficiencia energética para gestionar el uso de la energía eléctrica en los hogares.

### **Específicos**

1. Dar a conocer los antecedentes y uso actual de la energía eléctrica en los hogares.
2. Presentar fundamentos de la domótica.
3. Diseñar un sistema solar fotovoltaico para un hogar.
4. Diseñar un sistema domótico aplicado a la eficiencia energética en fuentes luminosas.
5. Diseñar un sistema domótico aplicado a la eficiencia energética en climatización y ACS.
6. Diseñar un sistema domótico aplicado a la eficiencia energética en electrodomésticos.
7. Exponer conceptos de seguridad eléctrica, sistema de medición y otras comodidades.

8. Describir el impacto negativo que causa la generación y el mal uso de la energía eléctrica.

## INTRODUCCIÓN

El mal uso de la energía eléctrica en todos los sectores, entre ellos el sector comunidad, es un problema actual preocupante porque las personas de un pensamiento de concientización y sensibilidad sobre el tema. Es decir, falta, como nación, una cultura de uso racional de la energía eléctrica, ya que la generación y uso de ello tienen costos sociales y ambientales para el país, razón para asumir valores y principios que logren un comportamiento más responsable y racional.

La problemática de este trabajo de graduación se formula en términos de la siguiente interrogante: ¿Cuáles son los beneficios de la eficiencia en el consumo de energía eléctrica en los hogares?

Ante la interrogante planteada anteriormente se formula el título del presente trabajo de graduación “*Sistema domótico como aplicación a la eficiencia energética, para gestionar el uso de la energía eléctrica en los hogares*”, enfocado en establecer técnicas de gestión en diferentes áreas del hogar, así como en la conducta de las personas para conseguir un nivel de consumo óptimo de energía eléctrica.

Esta problemática se aborda desde dos ramas conjuntas e interrelacionadas, a través de acciones técnicas operativas y de acciones administrativas de conducta. A su vez las acciones técnicas operativas se subdividen en acciones que explotan la energía solar y las acciones necesarias impidiendo el aumento en el consumo de la energía adquirida.

Al analizar cada uno de las principales áreas de un hogar y los diferentes problemas que enfrentan, se determina la gestión el uso de esta energía de una mejor manera, logrando así una eficiencia energética que será significativa en el monto de la factura eléctrica, ganando también comodidad y seguridad.

Para expresar la finalidad de este trabajo de graduación, en términos del consumo de energía para un hogar promedio en Guatemala, se llegaría a pagar hasta el 53 % del monto que hoy se hace mensualmente, si se aplicara el proyecto de eficiencia energética contenido en este documento.

Para aprovechar la energía solar fotovoltaica se diseña un sistema de generación eléctrica de paneles solares con protección y almacenamiento, de manera que inyecte energía eléctrica independiente a la red eléctrica. También se diseñan otros tres sistemas domóticos aplicados a la eficiencia energética, cada uno enfocado al ahorro energético en fuentes luminosas, climatización y ACS, y al uso de electrodomésticos, respectivamente. Los cuatro diseños domóticos toman en cuenta aprovechar al máximo la energía solar térmica, lumínica y fotovoltaica, con el único fin de disminuir al máximo el uso de la energía eléctrica obtenida.

También contiene antecedentes y el uso actual de la energía eléctrica por parte del sector comunitario, para comprender de mejor manera la problemática de generación y uso energético actual.

Para lograr un mayor impacto social se abordan temas como la seguridad eléctrica y comodidades que conllevan riesgos y gastos mayores, el impacto negativo que causa la generación y uso excesivo de energía eléctrica y qué hacer para contrarrestarlo.

# **1. ANTECEDENTES Y USO ACTUAL DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN LOS HOGARES**

A través del tiempo el hombre se ha valido de múltiples recursos que le han proporcionado comodidad a su existencia. Entre ellos está la energía eléctrica, pues ha tenido un papel preponderante en el desarrollo de la sociedad, permitiendo el avance tecnológico que brinda productividad, comodidad y recreación, demandando una mayor cantidad de energía eléctrica. En esta problemática, en el ámbito residencial representan un papel primordial por ser cada día más quienes utilizan, este tipo de energía, y a su vez son más los aparatos necesarios en el hogar.

Todo aparato eléctrico realiza un trabajo con base en la energía eléctrica, siendo esta una de las fuentes de energía más comerciales en la actualidad, y sin este recurso todo aparato eléctrico sería obsoleto.

## **1.1. Planteamiento del problema**

El consumo de energía eléctrica en las ciudades ha tenido un aumento exponencial en los últimos años, debiéndose principalmente a que la sociedad moderna es creciente y altamente tecnificada, continuando en la búsqueda de más tecnología para su desarrollo y crecimiento en todos los aspectos. Esto se convierte en un factor preocupante en el problema de consumo de energía eléctrica; y siendo esta vital para la sociedad actual, al representar la sangre que hace mover los brazos de la tecnología y el desarrollo del mundo moderno, es por ello y más que pone de manifiesto la necesidad de reflexionar y actuar en su uso correcto, algo que se requiere empezar desde ya.

### **1.1.1. Descripción del problema**

Con base en el planteamiento del problema anterior, y para el caso específico de los hogares guatemaltecos, al realizar una observación del recibo por venta de energía eléctrica por parte de la Empresa Eléctrica de Guatemala (EEGSA) y las demás distribuidoras de energía eléctrica a nivel nacional, este asciende a un promedio mensual de entre 100 y 120 Kwh, dependiendo de la tarifa del Kwh de cada distribuidora eléctrica. El precio oscila entre 190 y 240 quetzales, estando muy por encima de lo que una familia promedio puede pagar por este servicio.

Realizando un análisis básico en hogares de comunidades guatemaltecas, la estructura de consumo en un hogar se basa en iluminación, sistemas de climatización, agua sanitaria, electrodomésticos y computadores entre otros. Se establece que se requiere un análisis de investigación detallado con base en el problema de pérdidas de energía que este tipo de aparatos generan y la manera en que se puede contrarrestar. Esto por la utilización otra fuente de energía, racionalizando servicios de manera automática, cambiando tipo de instalaciones o aparatos ahorradores, reduciendo la energía reactiva, o simplemente realizando un cambiando de hábitos en la conducta.

Basado en el problema del alto consumo de energía eléctrica se debe considerar el estudio de la energía de forma integral, no solo los factores técnicos y lógicos, también factores como el comportamiento de la sociedad, cuestiones organizativas y de gestión para hacer completo este estudio. Por lo tanto es necesario profundizar este trabajo de graduación como una investigación formal que en realidad haga posible ahorrar energía, haciendo así más viable la aplicación de proyectos de ahorro de energía en el futuro.



### **1.1.2. Definición del problema**

El problema del alto consumo de energía eléctrica lo padecen todos quienes usan este tipo de energía, siendo aproximadamente el 95 % de la población a nivel nacional, del cual una gran cantidad de hogares sufre problemas económicos al pagar su factura. Además de afectar de manera económica, genera un impacto negativo en el medio ambiente en el que se disuelve, efecto del que la mayoría de los consumidores de energía eléctrica no conocen, no interesa o no saben cómo contrarrestarlo.

Todos los consumidores de energía eléctrica han estado utilizando día a día más de lo que deben consumir. Esto conlleva a una mayor demanda de energía eléctrica, energía que día a día también se debe generar; y con ella problemas económicos y degradación ambiental a toda la comunidad consumidora.

Para la problemática descrita anteriormente se espera encontrar soluciones viables y al alcance, con las cuales se establezca un consumo óptimo y se determinen los factores más importantes que en él influyen, medidas a tomarse en el aspecto técnico, lógico, de gestión y conducta del personal para optimizar el nivel de consumo de energía eléctrica.

### **1.2. Justificación del proyecto de investigación**

A partir del inicio de la tecnología moderna en la década de los 70 la energía eléctrica se convierte en una de las fuentes energéticas más importantes actualmente. Es alta en costos y escasa, generando preocupación a escala mundial en su consumo. Tomando la iniciativa frente a esta situación y con el único objetivo de encontrar una solución para reducir el consumo

energético y en consecuencia minimizar el gasto económico e impacto negativo que genera su alto consumo, se tomó la decisión de realizar un trabajo de investigación, el cual dé una solución básica a este problema.

Justificación suficiente para la elaboración de este trabajo de graduación, la cual lleva como título “Sistema domótico como aplicación a la eficiencia energética, para gestionar el uso de la energía eléctrica en los hogares”. En la cual se propone un sistema electrónico basado en la domótica para gestionar de mejor manera la energía eléctrica en un hogar, así como buscar otras fuentes alternas de energía eléctrica.

Ante este reto se llevará a cabo una investigación minuciosa y precisa de diversos entes que afectan el consumo de este recurso tan caro y escaso. Entre ellos los sistemas de iluminación, climatización, agua sanitaria, electrodomésticos y otros. Entes en los que se insertará la domótica como aplicación a la eficiencia energética, tomando en cuenta conceptos nuevos, selección técnico-económicas para realizar un sistema electrónico que gestione de manera racional y eficiente la energía comprada o generada por los mismos usuarios, esperando lograr así el ahorro energético tan deseado.

Otra de las razones es realizar un estudio del impacto negativo en el medio ambiente, generando con ello una conciencia social en la comunidad consumista, logrando así acciones que se vuelvan costumbres en la conducta de las personas.

Y como última razón, se lleva como objetivo no solo ser un trabajo de investigación más, sino aprovechar a reducir recursos económicos, los cuales podrían ser invertidos en otras aéreas del hogar como salud, educación o vivienda.

## **2. FUNDAMENTOS DE LA DOMÓTICA**

Domótica es el término científico que se utiliza para denominar la parte de la tecnología, que integra el control y supervisión.

### **2.1. Terminología y definiciones de domótica**

Conjunto de sistemas capaces de automatizar una vivienda, aportando servicios de gestión energética, seguridad, bienestar y comunicación.

#### **2.1.1. Terminología**

El término domótica viene de la unión de las palabras domo y el sufijo tica. Concretamente, *domus*, que proviene del latín y significa casa, y el sufijo tica, que proviene de automática, exactamente: tic se refiere a las tecnologías de la información y comunicación, y de a referente a automatización.

Domótica es el término científico que se utiliza para denominar la parte de la tecnología principalmente electrónica e informática, que integra el control, supervisión, gestión y administración de los elementos existentes en un edificio, viviendas o simplemente en cualquier hogar. Un término muy utilizado para referirse a la domótica es el de edificio inteligente, término que normalmente suele aplicarse al ámbito de los grandes bloques de oficinas, bancos, universidades y edificios industriales.

### **2.1.2. Definiciones**

Domótica es el término científico que se utiliza para denominar la parte de la tecnología, que integra el control y supervisión de los elementos existentes en un edificio.

#### **2.1.2.1. Domótica**

Es la incorporación al equipamiento de viviendas o edificios, una sencilla tecnología que permita al usuario gestionar de forma eficiente, cómoda, segura y económica, los distintos aparatos e instalaciones domésticas tradicionales que conforman una vivienda; en sí la domótica no es más que un conjunto de sistemas basados en la tecnología con el único propósito de automatizar un bien inmueble. Automatización implementada para aplicaciones de eficiencia energética, comodidad, seguridad, comunicación y accesibilidad entre otros.

La domótica busca el aprovechamiento al máximo de la tecnología, para adecuar el comportamiento de un inmueble acorde a las necesidades requeridas, generando con esto múltiples beneficios a los usuarios, en cuanto a economía, seguridad, comodidad, comunicación y accesibilidad.

Desde el punto de vista tecnológico, la domótica es una agrupación de equipos asociados o divididos por funciones que disponen de la capacidad de comunicarse, coordinarse e interactuar entre ellas por medio de un bus de datos, a órdenes de un módulo central de control.

Desde el punto de vista funcional se dice que la domótica es aquella que ofrece una mayor calidad de vida a los habitantes de una vivienda, a través de la implementación de la tecnología. Esto para conseguir una reducción del

tiempo y trabajo empleado en las tareas domésticas, brindándoles además un aumento en la seguridad, comodidad y ahorro en los consumos de agua, gas, electricidad y otros.

La domótica nace para facilitar la vida a los ciudadanos, por lo que tiene en cuenta la facilidad de uso para todos los miembros de la familia, jóvenes o mayores, aun cuando alguno de ellos presente alguna minusvalía física. Para conseguir todos estos beneficios, una vivienda domótica tendrá una instalación especial de nuevos componentes conectados entre sí y que serán los encargados de recoger información del entorno tales como: temperatura, iluminación, humedad, o algún otro dato dependiendo de los deseos de los usuarios. Para así procesarla y actuar en consecuencia dotando a la vivienda de cierta inteligencia y automatizando tareas que hasta ahora se venían haciendo de forma manual.

Por lo anteriormente expuesto se afirma que en la actualidad, una vivienda domótica es una vivienda superior, al ser más segura, más cómoda, con mayores posibilidades de comunicación y que consume menos energía que una vivienda tradicional.

#### **2.1.2.2. Edificios inteligentes**

Para definir se darán diferentes conceptos, de acuerdo a compañías o instituciones que se dedican al estudio del mismo.

Según el Intelligent Buildings Institute (IBI), un edificio inteligente es aquel que proporciona un ambiente de trabajo productivo y eficiente a través de la optimización de sus cuatro elementos básicos: estructura, sistemas, servicios y administración, con las interrelaciones entre ellos. Los edificios inteligentes

ayudan a los propietarios, operadores y ocupantes, a realizar sus propósitos en términos de costo, comodidad, seguridad, flexibilidad y comercialización.

La Compañía Honeywell, S. A. de C. V., considera como edificio inteligente aquel que posee un diseño adecuado que maximiza la funcionalidad y eficiencia en favor de los ocupantes, permitiendo la incorporación y modificación de los elementos necesarios para el desarrollo de la actividad cotidiana. Ello con la finalidad de lograr un costo mínimo de ocupación, extender su ciclo de vida y garantizar una mayor productividad estimulada por un ambiente de máxima comodidad.

Para la Compañía AT&T, S. A. de C.V. un edificio es inteligente cuando las capacidades necesarias para lograr que el costo de un ciclo de vida sea el óptimo en ocupación e incremento de la productividad, siendo inherentes en el diseño y administración del edificio.

Como un concepto general se considera un edificio inteligente aquel cuya regularización, supervisión y control del conjunto de las instalaciones eléctrica, de seguridad, informática y transporte, entre otras, se realizan en forma integrada y automatizada. Esto con la finalidad de lograr una mayor eficacia operativa y, al mismo tiempo una mayor comodidad y seguridad para el usuario, al satisfacer sus requerimientos presentes y futuros. Esto sería posible mediante un diseño arquitectónico totalmente funcional, modular y flexible, que garantice una mayor estimulación en el trabajo y, por consiguiente, una mayor producción laboral.

## **2.2. Historia y evolución de la domótica**

La historia de la domótica comprende una serie de etapas, desde los primeros protocolos orientados al control remoto, hasta los grandes protocolos capaces de realizar funciones lógicas complejas. Esto para satisfacer las más exigentes programaciones de regulación y preparados para la verdadera revolución domótica: la autoregulación.

### **2.2.1. Origen e historia**

Resulta imposible precisar una fecha concreta para el nacimiento de la domótica, debido a que no se trata de un hecho puntual, sino de todo un proceso evolutivo que comenzó con las redes de control de los edificios inteligentes y se ha ido adaptando a las necesidades propias de la vivienda. Habría que citar la historia completa de la evolución de la computación y electrónica, ya que está estrechamente vinculada con el desarrollo de nuevas tecnologías y la adaptación de ésta a las necesidades de los seres humanos.

La historia de la vivienda inteligente es muy corta, y se empezó a considerar la integración de sistemas a nivel comercial, en edificios inteligentes hasta principios de 1980. En el sector doméstico la integración de sistemas se ha desarrollado más tarde a la vez que se ha desplegado Internet. Dicha integración empezó en 1990 en Japón, Estados Unidos y algunos países en el norte de Europa. Durante estos años también se empezó el desarrollo de las pasarelas residenciales y nuevos métodos de acceso. Durante este tiempo, la introducción de dicha tecnología en el hogar se realizaba, gracias a que los equipos, grandes prestaciones y funciones propias.

Esto supuso el desarrollo de un mercado donde los equipos domésticos que se desarrollaban eran totalmente independientes, funcionando de forma autónoma y sin necesidad de comunicarse con otros dispositivos del hogar. De esta forma se dificultaba la definición y desarrollo de servicios que se pudieran prestar al hogar y al propio usuario. La automatización de equipos domésticos se realizaba mediante un control de su alimentación eléctrica y dichos equipos no tenían ningún tipo de comunicación eficiente con el sistema domótico.

Si se quisiera puntualizar una fecha en la que la domótica comenzó en el campo formal de la tecnología se puede citar 1978 pues salió al mercado el sistema X-10, aplicado 100 % a la domótica, el cual consiste en un lenguaje compatible entre los productos X-10. Este es utilizado para comunicarse entre ellos y controlar luces, electrodomésticos y otros aparatos en el hogar. El sistema que fue altamente aceptado en el mercado ya que aprovecha el sistema eléctrico convencional existente, sin la necesidad de realizar una instalación nueva. Cada aparato tiene una dirección que responde o envía mensajes, con un total de 256 direcciones. Al ser todos los productos x-10 compatibles entre sí, el usuario puede conectarlos a su gusto.

### **2.2.2. Evolución y desarrollo**

En un principio, en 1980, solo se hacían cosas básicas como la gestión integral de calefacción y aire acondicionado, que hasta entonces se hacía de forma aislada. Luego se implantan sistemas de control de las instalaciones, llevando posteriormente a la evolución y sofisticación continua, hasta llegar a una integración total de la gestión a gran escala.

La inmensa mayoría de los primeros avances proponía la automatización de tareas en el área del confort para los usuarios del hogar, como la



programación y telecomando de la subida y bajada de las persianas, el ahorro de agua mediante la programación del sistema de riego en el jardín, entre otros. El usuario, por su parte, percibía estas mejoras como productos de lujo, las consideraba opciones futuristas o bien hallaba demasiada complicación en su instalación y su uso.

Como se mencionó anteriormente, la domótica se ha implantado desde hace décadas, pero desde que se creó la telefonía móvil, servicios de cable de televisión interactiva y el internet, ha tomado un giro controversial. Los modelos tecnológicos relacionados han progresado formando parte del futuro de la domótica. Las tecnologías inalámbricas wifi y las redes de internet creen haberse constituido como las tecnologías del entorno digital que evolucionarán, y sobre las cuales la domótica debería mantenerse aumentando el uso de las tecnologías en los hogares.

La domótica ha sufrido un importante proceso de popularización y expansión llegando a considerarse un artículo necesario en las viviendas con el objeto de mejorar la calidad de vida de sus usuarios mediante el ahorro energético, comodidad, seguridad y comunicaciones. En este sentido, las previsiones para el futuro son casi todas las viviendas de nueva construcción que incorporen algún tipo de equipamiento domótico. Los cambios han sido enormes, el crecimiento mucho más, sin embargo, afortunadamente quedan muchas cosas que pulir. Todavía no existen unas normas oficiales específicas y no se tiene un modelo firme para empresas minoristas.

La domótica es una de las nuevas tecnologías que conforme ha ido desarrollándose ha cambiado los hábitos diarios de las personas, siendo la conducta uno de los más grandes beneficios que ha logrado.

### **2.3. Características generales**

Gracias al importante avance de la tecnología es posible realizar casas o edificios inteligentes. Y con la implantación de un sistema domótico o conjunto de aplicaciones que persiguen la automatización de los mismos es necesario que dicho sistema reúna una serie de características básicas que hagan cumplir los objetivos para los que se crea e instala. A continuación las principales:

- Funciona por medio del control de un ordenador o CPU: solo a través de dicho dispositivo informático se tiene acceso a todo aquello que ocurre en la vivienda o local donde se encuentra instalado.
- Fácil de utilizar: de tal modo que el usuario con una simple combinación de teclas puede ingresar al sistema para realizar los cambios u operaciones que estime oportunos, así como facilidad de monitorear su casa. De esta manera podrá adecuar el sistema domótico a sus necesidades, monitorear y verificar averías en su casa, tener acceso a un reporte de los sucesos dentro de ella.
- Permitir la interrelación entre diversos elementos: esto para mejorar la facilidad de utilización y la toma de decisiones en los momentos que se necesite. Permite coordinar de una manera eficiente y lógica el buen funcionamiento de los efectores dentro de la casa.
- Todo sistema domótico debe ser fiable al 100 %: para ello nada mejor que equipar el controlador con una serie de elementos que contribuyan a ello. Así, se puede dotar de un SAI (sistema de alimentación ininterrumpida) para evitar problemas en caso de apagón y de una

potente batería que sea la encargada de alimentar a los diversos periféricos.

- Debe permitir el control remoto: de ahí que desde otros dispositivos se permita el acceso, mediante conexión de internet o telefónica, sea cual sea el lugar en el que se encuentre.
- Capacidad de actualización: ello supondrá que, ante los continuos avances y versiones de diversas aplicaciones que alberga el sistema, tenga la capacidad para tolerar la instalación de nuevos programas y mejoras del software de modo fácil y sencillo.
- Funcionamiento con base en un protocolo: que todo el sistema funcione con base en un conjunto de señas de identidad. Estas son necesarias para que un sistema domótico convierta cualquier casa en un hogar inteligente adaptado a los nuevos tiempos.

### **2.3.1. Arquitectura de la domótica**

Basándose en las características descritas anteriormente, los sistemas domóticos, según su arquitectura, se clasifican en centralizados o descentralizados o mixtos, dependiendo del grado de automatización requerido, siendo los centralizados más eficientes y confiables.

- Centralizado: este sistema tienen una UCI (unidad central inteligente) encargada de administrar la edificación, a la que enviarán información distintos elementos de campo llamados sensores. Elementos encargados de recopilar información de la temperatura, luminosidad, movimiento, humedad o tiempo y enviarlos a la unidad central, quien se

encargará de procesar los datos del entorno y en función a esa información y de la programación que se haya hecho sobre ella. Actuará sobre determinados circuitos encargados de cumplir funciones, desde la seguridad hasta el manejo de la energía eléctrica y otras rutinas de mantenimiento. Los elementos a controlar y supervisar como motores, luces y válvulas, han de cablearse hasta la unidad central inteligente.

Donde la UCI es el corazón del sistema domótico de la vivienda, en cuya falta todo deja de funcionar, y es el único acceso disponible para controlar, gestionar y monitorear toda la vivienda. Para realizar, ampliación en este tipo de topología se debe realizar tomando en cuenta que la UCI, es la única entidad que debe controlar los servicios extras a agregar.

- Descentralizado: en este tipo de sistema no es necesario tener una unidad central inteligente conectada para funcionar y tomar decisiones sobre las acciones a desarrollar. Solo hace falta programar cada una de las unidades individualmente, y como cada una de estas posee un microprocesador son completamente autónomas. En caso de querer un constante monitoreo de la edificación y tener una interface de usuario-sistema o realizar instrucciones verdaderamente complejas, la mejor opción sí es una unidad central inteligente o un computador, donde se pueda tener el plano de la edificación con la distribución de las unidades en forma de iconos que cambian según sus estados.
- Mixto: sistema con arquitectura descentralizada en cuanto a que disponen de pequeños dispositivos capaces de adquirir y procesar la información de múltiples sensores y transmitirlos al resto de dispositivos distribuidos por la vivienda.

### **2.3.2. Actuación de la domótica**

Dentro de las características de la domótica también se mencionan que las actuaciones de un sistema domótico son de carácter pasivo, activo o mixto.

- **Carácter pasivo:** son acciones ejecutadas por el sistema domótico a través de condiciones previamente establecidas y no dependen de condiciones del entorno o medio en el que se encuentra. Estas condiciones pueden ser previamente establecidas por el usuario tomando en cuenta parámetros como la hora y el tiempo, o simplemente sin ninguna condición para que se realicen.
- **Carácter activo:** son acciones ejecutadas por un sistema domótico que dependen de las condiciones del medio o entorno en el que se encuentra. Estas condiciones pueden ser medidas por sensores electrónicos de temperatura, luminosidad, humedad, peso, volumen o algún otro tipo, enviadas a la unidad central inteligente; donde esta las procesará y tomará las decisiones con base en las condiciones censadas y la configuración que el usuario haya programado. La domótica moderna utiliza con más frecuencia estas actuaciones de carácter activo, debido a que resulta mucho más eficiente un sistema basado en condiciones reales.
- **Carácter Mixto:** son actuaciones que conllevan tanto pasivas como activas en un mismo proceso domótico. No es más que la mezcla de ambas actuaciones en una sola, también controlada por la unidad central inteligente, esta depende más de la programación de usuario, y las conveniencias que este tenga en su estilo de vida.

## **2.4. Auge de la domótica y su importancia hoy en día**

Es ya inevitable no ver el increíble adelanto de la tecnología, tanto en las oficinas, negocios y en el hogar, cada día es más impresionante ver las facilidades que nos ofrecen y el minúsculo trabajo que hay que realizar para obtener grandes beneficios. Con tan impresionantes adelantos la arquitectura no podía quedarse al margen, pues se han adoptado estos adelantos a las edificaciones con el fin de lograr una mayor eficiencia en los procesos.

Basta con observar alrededor para ver cómo la tecnología forma parte integral de la vida cotidiana, yendo desde simples aparatos en el hogar hasta grandes aparatos en todo tipo de industria. Y qué decir de los nuevos edificios que están surgiendo con los nuevos adelantos de la tecnología moderna. Se está siendo testigo del ascenso de los computadores, precedido por el descubrimiento del microprocesador y los circuitos integrados, logrando que se realice el trabajo rutinario con más rapidez y facilidad, y a un menor costo que cualquier ser humano.

Ante esta situación existe gran necesidad de ahorrar energía diariamente; la importancia de contar con una comunicación efectiva, clara y rápida la seguridad y comodidad de los trabajadores la modularidad de los espacios y equipos, y la posibilidad de dar un mayor ciclo de vida a un edificio, han dado lugar al auge de la domótica o edificios inteligentes, términos muy novedosos y desconocidos para muchos ingenieros y arquitectos.

La gran mayoría ha oído hablar sobre el tema o lo ha leído en revistas, periódicos, televisión, y otros, pero muy pocos saben lo que significa en realidad. Esto puede deberse a la novedad del tema y a los estereotipos mismo del ingeniero o arquitecto de que su única tarea es diseñar la estructura o la

estética, sin tomar en cuenta la importancia de la tecnología y los adelantos sociales, culturales o económicos que se viven hoy en día.

Con estos adelantos tecnológicos resulta imposible cerrar los ojos ante el futuro inmediato al que la sociedad se enfrenta y mucho menos personas profesionales de la ingeniería, que en cierta manera tienen la responsabilidad de crear ciudades futuristas.

## **2.5. Ramas y aplicaciones de la domótica**

Debido al amplio campo que puede abarcar la domótica y a sus características descritas anteriormente se hace posible que este tipo de sistema sea utilizado en diferentes ámbitos, de los cuales se destacan los siguientes:

- Oficinas corporativas
- Viviendas
- Hoteles
- Hospitales
- Universidades
- Industrias

Ámbitos en los cuales la domótica cumple diferentes roles basándose en las mismas características aplicadas de diferente manera. Las principales aplicaciones que ofrece la domótica son las siguientes cinco:

- Accesibilidad
- Comodidad
- Seguridad

- Comunicaciones
- Eficiencia energética

En cada una de estas aplicaciones la domótica puede ser utilizada como medio para facilitar las diferentes tareas que cada una conlleva, para lo cual la domótica se adapta de manera eficiente a cada una.

### **2.5.1. Accesibilidad**

Bajo este concepto se incluyen las aplicaciones o instalaciones de control remoto del entorno, que favorecen la autonomía personal de personas con limitaciones funcionales como discapacidades físicas o mentales.

El concepto de diseño para todos es un movimiento que pretende crear la sensibilidad necesaria para que al diseñar un producto o servicio se tengan en cuenta las necesidades de todos los posibles usuarios, incluyendo las personas con diferentes capacidades o discapacidades, es decir, favorecer un diseño accesible para la diversidad humana.

La inclusión social y la igualdad son términos o conceptos más generalistas y filosóficos. La domótica aplicada a favorecer la accesibilidad es un reto ético y creativo pero sobre todo es la aplicación de la tecnología en el campo más necesario, para suplir limitaciones funcionales de las personas, incluyendo las personas discapacitadas o mayores de edad. El objetivo no es que las personas con discapacidad puedan acceder a estas tecnologías, porque las tecnologías en si no son un objetivo, sino un medio. El objetivo es favorecer la autonomía personal. Los destinatarios de estas tecnologías son todas las personas, ya que por enfermedad, discapacidad o envejecimiento.



En general, al utilizar la domótica en hogares y edificios lo que se está haciendo es que esos lugares e instalaciones sean accesibles para todos, especialmente para personas con discapacidades físicas, mentales o mayores de edad. En sí la función básica de la domótica es adaptar el entorno a todo tipo de persona sea cual sea su limitación o discapacidad, y con ello se ofrece más autonomía al individuo en sus tareas y quehaceres cotidianos.

Las ventajas de la domótica forman una cadena que va desde facilitar la vida diaria a personas dependientes o con discapacidad hasta su relación con el exterior. Con los servicios tecnológicos integrados en su hogar se fomenta su comunicación con el exterior, se facilita la intercomunicación con familiares o asistentes, o con personal sanitario en caso de necesitarlo (tele-asistencia).

En los sistemas domóticos debe destacar su utilidad, usabilidad y flexibilidad, para que cada uno pueda utilizarlo según sus gustos, preferencias o necesidades. Un mismo sistema debería servir para que lo utilicen diversas personas, porque sería irreal o ilusorio crear mil conexiones distintas para mil perfiles de usuario.

Entre los aparatos que facilitan la vida diaria a personas con discapacidad se encuentran los siguientes:

- Teléfonos con sensores visuales y vibración para personas con discapacidad auditiva, y que a su vez, poseen teclas grandes y sonido para personas con discapacidad visual.
- Interfaces inalámbricos que permiten controlar aparatos solo con un movimiento de cabeza (FATRONIK).
- Productos para comunicar a través del iris (IRISCOM).
- Trajes robóticos para facilitar movimiento de extremidades.

Para que los servicios de domótica sean accesibles y útiles para personas con discapacidad deben permitirles utilizar los aparatos tecnológicos y electrónicos básicos de toda la casa, como el televisor, computadoras, y teléfonos inteligentes. Debe ser de forma fácil y sencilla, ya que son accesorios utilizados por la domótica para este tipo de aplicación, así como los de apoyo en su higiene diaria o para movilizarse dentro y fuera de la misma.

#### **2.5.1.1. Ventajas de la domótica como accesibilidad**

- Mejorar su autonomía y fomentar su vida independiente.
- Incrementar su calidad de vida, bienestar social y personal.
- Tener mayor seguridad ante imprevistos (inundaciones, robos, y otros.).
- Mejora su intercomunicación e integración tanto laboral, como social y emocional.
- Los cuidadores y asistentes también mejoran su calidad de vida, al verse apoyados en su tarea diaria con la ayuda de sistemas tecnológicos.
- Menor coste en contratar servicios asistenciales.

Siendo estas ventajas las claves para el auge actual de la domótica en la accesibilidad, tecnología que cada vez va ganando terreno y pronto será más accesible por los guatemaltecos.

#### **2.5.2. Comodidad**

La comodidad implica todas las actuaciones que se puedan llevar a cabo en una vivienda para mejorar las condiciones de vida de sus habitantes. Estas actuaciones pueden ser realizadas de manera automática por medio de equipos instalados dentro de la vivienda con base en un sistema domótico. Actuaciones

que pueden ser de carácter tanto pasivo, activo o mixtas, dependiendo de las preferencias del usuario y de las características del medio.

La domótica proporciona una serie de comodidades en cada una de las áreas del hogar, de manera que es una de las aplicaciones más utilizadas y de mayor impacto en la manera de vivir de una sociedad moderna. Es tan basta la cantidad de procesos relacionados a la comodidad en los que se puede implementar en ella, tanto así que muchos profesionales tienen el concepto que se utiliza solamente para la comodidad en un hogar y no para otras aplicaciones también importantes que se describirán posteriormente.

No se debe perder de vista que la domótica como aplicación a la comodidad es la rama que más interés despierta a los usuarios dispuestos a conocer más acerca de esta ciencia. Usuarios a los que se debe hacer ver y concientizar también que existen otras aplicaciones importantes, como la domótica enfocada a aplicación a la eficiencia energética la cual es el tema principal de esta investigación, y que sería de igual o mayor beneficio implementarla en su hogar que la búsqueda de la domótica enfocada a la comodidad.

Entre los servicios enfocados a la comodidad que pueden ser controlados de manera automática por la domótica se encuentran los siguientes:

- Iluminación:
  - Apagado general de todas las luces de la vivienda.
  - Automatización del apagado y encendido en cada punto de luz.
  - Regulación de la iluminación según el nivel de luminosidad ambiente.

- Calefacción y aire acondicionado:
  - Regulación de la temperatura de espacios cerrados habitados.
  - Encendido y regulación de ventiladores.
- Elementos de accesos:
  - Sistema de acceso a puertas.
  - Integración del portero al teléfono.
  - video portero al televisor.
- Agua caliente sanitaria
- Refrigeración
- Gestión de persianas, toldos y ventanas
- Riego automático
- Gestión multimedia y del ocio electrónico

Todos los servicios mencionados anteriormente son controlados por un sistema domótico, ya sea que esta programado para ser autónoma o ser controlado en tiempo real y de manera remota vía internet.

### **2.5.3. Seguridad**

La domótica aplicada en la seguridad permite al usuario de una vivienda interactuar menos con los aparatos tecnológicos con los que esta cuenta, y a su vez se estará obteniendo una mayor seguridad ante los riesgos que una vivienda presenta. Esto se logra implementando sistemas automatizados como alarmas de incendios, controles de intrusión, y otros.

Todo sistemas mediante el cual se esté aumentando el nivel de bienestar para los habitantes y sus pertenencias en el hogar, tiende a ser cada vez más

autónomo, ya que en la actualidad la tecnología aplicada en la vivienda crece a una gran velocidad debido a las innovaciones que se presentan. Esto para satisfacer las necesidades de una implementación de un sistema más eficiente para las personas en su vivienda.

En una vivienda, la seguridad es lo más importante para la protección del usuario, esto debido a los grandes peligros que se presentan a diario. Mediante la domótica aplicada en el campo de la seguridad existen diversos sistemas con los cuales se puede proteger el bienestar de la persona y todos sus bienes patrimoniales. Este tipo de sistemas actúan recibiendo una señal por medio de sensores y producen una respuesta mediante actuadores, tales como una alarma, un mensaje de texto al celular del usuario, un corte energético en el sistema eléctrico de la vivienda, y otros.

Existen cuatro tipos de niveles de seguridad detallados individualmente en las siguientes secciones:

#### **2.5.3.1. Protección exterior**

Estos sistemas tienen la función de detectar presencia de movimiento u objetos extraños en los alrededores de la vivienda. Son sistemas que cuentan con dispositivos electrónicos para detectar anomalías. Entre los dispositivos más comunes para esta tarea están:

- Sensores de movimiento: detectan una señal física, principalmente el de una persona a través de un sensor interno.

- Barra de rayos infrarrojos: tienen la función de detectar una intrusión dentro del área externa de la vivienda, por medio de rayos infrarrojos, los cuales son invisibles a simple vista para el ojo humano.
- Sensores de apertura por contacto magnético: detectan aperturas de puertas y ventanas, con base en dos contactos magnéticos instalados de manera que al dejar de conducir energía detectan la apertura.
- Sensores de sonido: detectan cualquier ruido producido por algún factor externo, proveniente de cualquier avería fuera de la vivienda.

### **2.5.3.2. Protección interior**

Sistemas que protegen sobre peligros en el interior de la vivienda. Este tipo de protecciones son de gran ayuda, debido a que si por algún factor el sistema exterior es penetrado, o si el peligro ocurre solo dentro de la vivienda, este sistema interior actuará inmediatamente. Entre los sistemas de protección interior destacan los siguientes.

- Simulador de presencia: sistema configurado para el encendido y apagado de todas las luces de la vivienda, para simular la presencia de personas dentro de la misma, con el fin de proteger el interior del hogar.
- Sistema de vigilancia CCTV (circuito cerrado de televisión): consiste en la utilización de videocámaras para documentar lo que acontece en un ambiente de día y de noche, o ya sea en tiempo real, esto con el objetivo de detectar si un intruso ha invadido la vivienda.

#### **2.5.3.3. Protección personal**

Sistema instalado para prevenir daño o accidente a los habitantes de una vivienda, cuando esta sea víctima de una intrusión o cualquier tipo de peligro. Entre los sistema utilizados para este tipo de protección destacan los siguientes.

- Botón de pánico: dispositivo electrónico instalado en un lugar estratégico dentro del hogar, para ser utilizado por los habitantes en presencia de peligro o se esté siendo víctima de una actividad sospechosa y se pueda activar una alarma silenciosa, enviando una señal de auxilio a una central de ayuda cercana o a las autoridades correspondientes para ayuda inmediata.
- Avisadores de asistencia: dispositivo utilizado por personas de la tercera edad, enfermas o discapacitadas para mandar una señal de auxilio a un centro de ayuda para asistencia personal. Este sistema es instalado en dispositivos comunes como: relojes, pulseras, llaveros, entre otros.

#### **2.5.3.4. Alarmas técnicas o de detección**

Sistema que alerta al usuario de alguna anomalía en la vivienda ocasionada por el fallo de algún dispositivo u otro factor que provoca peligro a los sus habitantes. También funcionan de manera autónoma, reaccionando para prevenir accidentes trágicos a los habitantes, existen varios sistemas de alarmas de este tipo.

- Alarmas contra incendios: tienen la función de detectar una variación en el aire o la presencia de humo en el ambiente. Tiene conexión con una central de monitoreo para lograr controlar de manera eficiente un incendio en la vivienda, alertando inmediatamente a bomberos o socorristas cercanos.
- Alarmas contra inundaciones: utilizado más comúnmente en cuartos de baño para evitar inundaciones, ya sea cerrando la válvula de paso o drenando agua a una salida externa.
- Alarmas contra fugas de gas: utiliza un sensor de gas, instalado a cierta altura de la cocina dependiendo del tipo de gas. Sistema que podrá cerrar la válvula de gas, previniendo accidentes trágicos.

#### **2.5.4. Comunicaciones**

En todos los sistemas tecnológicos, hoy en día, es necesaria y casi siempre indispensable la comunicación entre ellos. La domótica no es la excepción, ya que para tener informado a los habitantes de una vivienda de todo lo que acontece en torno a ella se necesita tener un sistema de comunicación igual de sofisticado que el resto del sistema domótico.

Los sistemas o infraestructuras de comunicaciones que posee el hogar son los que hacen posible el buen funcionamiento de cada uno de los módulos conectados a la UCI, así como el control remoto interno y externo, ya sea alámbrico o inalámbrico.

No se puede entender la domótica, sin conocer el protocolo de comunicaciones, como lenguaje de comunicación del sistema domótico. A



través del protocolo se comunican los diversos dispositivos que componen la red domótica, incluyendo control remoto y tele-asistencia.

Entre las tareas de comunicación que realiza un sistema domótico con aplicación en comunicación se encuentran las siguientes:

- Ubicación
- Control externo e interno
- Control remoto desde PC, mandos inalámbricos por medio de internet
- Tele-asistencia
- Tele-mantenimiento
- Informes de consumo y costes
- Transmisión de alarmas
- Intercomunicaciones

#### **2.5.5. Eficiencia energética**

Los sistemas domótica aplicados a la eficiencia energética permiten supervisar, controlar y racionalizar el consumo de energía eléctrica de cada elemento de una vivienda, elaborando perfiles de uso y adaptando dinámicamente los parámetros de la instalación para obtener una reducción significativa del consumo eléctrico.

De manera que toda instalación de sistemas de domótica para la eficiencia energética se convierte no en un coste, sino en una inversión de futuro que se rentabiliza en breve plazo y contribuye a la sostenibilidad del medio ambiente. El ahorro energético no es algo tangible, sino un concepto del que se espera una baja en el monto de la factura eléctrica, y se llega de varias maneras.

Cuando se habla de eficiencia energética se suele pensar que se debe realizar una instalación nueva, o incluso que se deben de cambiar todos los aparatos eléctricos a otros que consuman menos. Pero al implementar un sistema domótico aplicado al concepto de eficiencia energética, no es necesario sustituir los aparatos del hogar por otros que consuman menos, o realizar una instalación completamente nueva, sino una gestión eficiente de los mismos por medio de un sistema adaptable a las instalaciones ya hechas, harán que su consumo sea menor.

Para lograr la eficiencia energética es necesario aplicar un sistema basado en varios conceptos de ahorro, que anidados, harán la diferencia en el consumo energético del hogar. La domótica divide estos conceptos en dos ramas, donde la primera se basa en el aprovechamiento de otras fuentes de energía alternativas, diferentes a la energía comercial que venden las diferentes empresas de distribución eléctrica, y la segunda busca la manera de aprovechar al máximo la energía con que ya se cuenta.

#### **2.5.5.1. Fuentes de energía alternativas**

Parte fundamental de la domótica en pro de la eficiencia energética, comprende la búsqueda de diferentes fuentes de energía alternativas a la energía comercial. Fuentes que también son conocidas como energías renovables o energías verdes ya que comprenden la búsqueda de una sostenibilidad en el medio ambiente. Pueden ser divididas en dos grupos.

##### **2.5.5.1.1. Energía nuclear**

No todos coinciden en clasificar la energía nuclear dentro de las energías alternativas, pues al igual que los combustibles fósiles, se trata de un recurso

finito, y además presenta problemas medioambientales importantes, como la gestión de los residuos radiactivos o la posibilidad de un accidente nuclear. Sin embargo, la reducida emisión de CO<sub>2</sub> de esta tecnología, y la todavía insuficiente capacidad de las energías renovables para sustituir completamente a los combustibles fósiles, hacen de la energía nuclear una alternativa sujeta a fuerte polémica.

#### **2.5.5.1.2. Energía renovable**

Tipo de energía que se obtienen de fuentes naturales teóricamente inagotables, ya sea por la inmensa cantidad de energía existente o por ser capaz de regenerarse por medios naturales. Entre las energías renovables se encuentran las siguientes:

- Energía eólica
- Energía solar
- Energía mareomotriz
- Energía geotérmica
- Biomasa
- Biocarburante

Energías que utilizan dos de los tres tipos de recursos naturales existentes. Estos utilizan los recursos inagotables y los recursos renovables.

- Recursos inagotables: son los que el hombre utiliza en baja proporción con respecto a la cantidad disponible en la naturaleza. Se encuentran en cantidades abundantes y se recuperan o regeneran por sí mismos, dado que cumplen los ciclos biogeoquímicos de la materia. El agua, el aire y el sol son ejemplos

de recursos inagotables. Además de esto, son recursos que se pueden aprovechar de una manera fácil y sencilla.

- Recursos renovables: Son todos aquellos que tienen la capacidad de renovarse, pero si la explotación es excesiva no tienen tiempo de hacerlo, a causa de este desgaste pueden desaparecer. Estos recursos se encuentran en la naturaleza en cantidades limitadas y se distribuyen de manera desigual en el planeta. El suelo, la flora y la fauna son recursos renovables.
- Recursos no renovables: Son los que están disponibles en una cantidad que es fija, o bien varía en escalas de tiempo muy grandes, por lo que en la práctica se pueden considerar como fijas. El carbón, el petróleo y el gas natural son fuentes de energía no renovables, que tardan muchos miles, o millones de años en generarse. Los materiales radiactivos no se regeneran.

Para fines de la investigación se enfocará en la energía solar, debido a que comprende la energía alternativa que se utilizará en este proyecto, el cual comprende el capítulo tres.

- Energía Solar: es una fuente de energía de origen renovable, obtenida a partir del aprovechamiento de la radiación electromagnética procedente del Sol.

La radiación solar que alcanza la Tierra ha sido aprovechada por el ser humano desde la antigüedad, mediante diferentes tecnologías que han ido evolucionando con el tiempo desde su concepción. En la actualidad, el calor y la luz del Sol puede aprovecharse por medio de captadores como células

fotovoltaicas, helióstatos o colectores térmicos, que pueden transformarla en energía eléctrica o térmica. Es una de las llamadas energías renovables o energías limpias, que ayudan a resolver algunos de los problemas más urgentes que afronta la humanidad.

Las diferentes tecnologías solares se clasifican en pasivas o activas según cómo capturan, convierten y distribuyen la energía solar. Las tecnologías activas incluyen el uso de paneles fotovoltaicos y colectores térmicos para recolectar la energía. Entre las técnicas pasivas se encuentran diferentes técnicas enmarcadas en la arquitectura bioclimática: la orientación de los edificios al Sol, la selección de materiales con una masa térmica favorable o que tengan propiedades para la dispersión de luz, así como el diseño de espacios mediante ventilación natural.

El desarrollo de tecnologías para el aprovechamiento de la energía solar la cual es limpia, barata e inagotable supondrá un enorme beneficio a largo plazo; aumentando la seguridad energética de los países mediante el uso de una fuente de energía local, inagotable y, aún más importante, independientemente de importaciones. También aumentará la sostenibilidad, reducirá la contaminación, disminuirá los costes de la mitigación del cambio climático, y evitará la subida excesiva de los precios de los combustibles fósiles. Estas ventajas son globales, de manera que los costes para su incentivo y desarrollo deben ser considerados inversiones; razón por la cual deben ser realizadas de forma sabia y ser ampliamente difundidas.

La fuente de energía solar más desarrollada en la actualidad es la energía solar fotovoltaica. Según informes de la organización ecologista Greenpeace, la energía solar fotovoltaica podría suministrar electricidad a dos tercios de la población mundial en 2030. Actualmente, y gracias a los avances tecnológicos,

la sofisticación y la economía de escala, el coste de la energía solar fotovoltaica se ha reducido de forma constante desde que se fabricaron las primeras células solares comerciales, aumentando a su vez la eficiencia, y su coste medio de generación eléctrica ya es competitivo con las fuentes de energía convencionales en un creciente número de regiones geográficas, alcanzando la paridad de red.

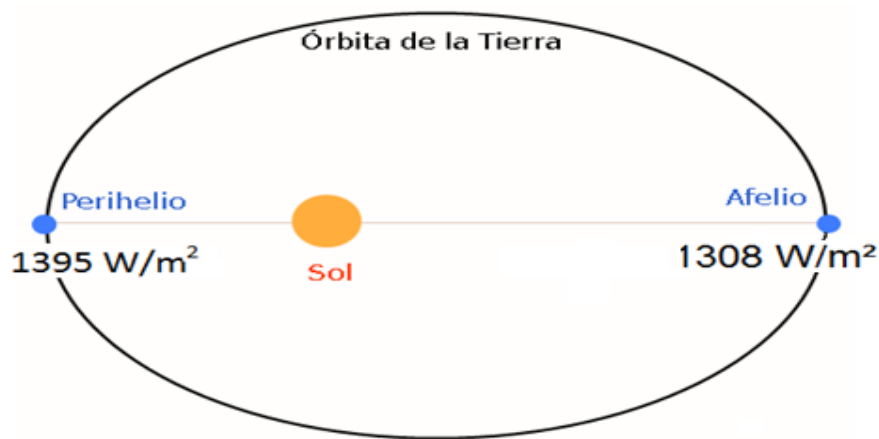
- La energía proveniente del sol: la Tierra recibe 174 peta-vatios de radiación solar entrante desde la capa más alta de la atmósfera. Aproximadamente el 30 % regresa al espacio, mientras que las nubes, los océanos y las masas terrestres absorben la restante. El espectro electromagnético de la luz solar en la superficie terrestre lo ocupa principalmente la luz visible y los rangos de infrarrojos con una pequeña parte de radiación ultravioleta.

La potencia de la radiación varía según el momento del día, las condiciones atmosféricas que la amortiguan y la latitud. En condiciones de radiación aceptables, la potencia equivale aproximadamente a 1 000 W/m<sup>2</sup> en la superficie terrestre, esta potencia se denomina irradiancia media.

La radiación es aprovechable en sus componentes directos y difusos, o en la suma de ambos. La radiación directa es la que llega directamente del foco solar, sin reflexiones o refracciones intermedias. La bóveda celeste diurna emite la radiación difusa debido a los múltiples fenómenos de reflexión y refracción solar en la atmósfera, en las nubes y el resto de elementos atmosféricos y terrestres. La radiación directa puede reflejarse y concentrarse para su utilización, mientras que no es posible concentrar la luz difusa que proviene de todas las direcciones.

La irradiancia directa normal o perpendicular a los rayos solares, fuera de la atmósfera, recibe el nombre de constante solar y tiene un valor medio de  $1\,366\text{ W/m}^2$  (que corresponde a un valor máximo en el perihelio de  $1\,395\text{ W/m}^2$  y un valor mínimo en el afelio de  $1\,308\text{ W/m}^2$ ), vea figura 1.

Figura 1. **Rotación de la Tierra alrededor del Sol**



Fuente: elaboración propia, con programa de Visio.

Se estima que la energía total que absorben la atmósfera, los océanos y los continentes puede ser de  $3\,850\,000$  exajulios por año. Esta energía en un segundo equivale al consumo global mundial de energía durante un año. La cantidad de energía solar recibida anual es tan vasta que equivale aproximadamente al doble de toda la energía producida jamás por otras fuentes de energía no renovable como son el petróleo, carbón, uranio y gas natural, ver tabla I.

Tabla I. **Flujo anual de energías renovables en la Tierra**

Tipo de energía	Valor
Energía solar absorbida por la tierra	3 850 000 EJ
Energía eólica	2 250 EJ
Biomasa	3 000 EJ
Energía primaria	487 EJ
Energía eléctrica	47 EJ

Fuente: BOLTON, James. *Solar Power and Fuels*. Academic Press  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Energía\\_solar](http://es.wikipedia.org/wiki/Energía_solar). Consulta: 3 de octubre de 2014.

Los usos más generales de la energía solar son los siguientes:

- Energía solar activa: para uso de baja temperatura, entre 35 °C y 60 °C, se utiliza en casas; de media temperatura, alcanza los 300 °C; y de alta temperatura, llega a alcanzar los 2 000 °C.
- Energía solar pasiva: aprovecha el calor del sol sin necesidad de sistemas mecánicos.
- Energía solar térmica: es usada para producir agua caliente de baja temperatura para uso sanitario y calefacción.
- Energía solar fotovoltaica: es usada para producir electricidad mediante placas de semiconductores que se alteran con la radiación solar.



- Energía solar termoeléctrica: es usada para producir electricidad con un ciclo termodinámico convencional a partir de un fluido calentado a alta temperatura.
- Energía solar híbrida: combina la energía solar con otra energía. Según la energía con la que se combine es una hibridación, renovable o no renovable.
- Energía eólica solar: funciona con el aire calentado por el sol, que sube por una chimenea donde están los generadores.

Otros usos de la energía solar con aplicaciones más prácticas:

- Huerta solar
- Central térmica solar
- Destilación
- Evaporación
- Fotosíntesis
- Secado
- Arquitectura sostenible
- Cubierta solar
- Acondicionamiento y ahorro de energía en edificaciones

Para fines de la investigación se enfocará en la energía solar fotovoltaica y la energía solar térmica.

- Energía solar fotovoltaica (energía del futuro): consiste en la obtención de electricidad obtenida directamente a partir de la radiación solar mediante un dispositivo semiconductor denominado célula fotovoltaica, o

bien mediante una deposición de metales sobre un sustrato denominada célula solar de película fina.

Según informes de Greenpeace (ONG ambientalista), la energía fotovoltaica podrá suministrar electricidad a dos tercios de la población mundial en 2030, y según un estudio hecho por el Consejo Mundial de Energía, para el año 2100 el 70 % de la energía consumida será de origen solar.

Por otro lado, algunos países, como es el caso de Tokelau, un archipiélago ubicado en el océano pacífico, no cuentan con una red eléctrica, ya que obtienen toda la electricidad que necesitan del Sol. El país lo forman unos 125 islotes que abarcan un área de 10 km<sup>2</sup> y cuenta con cerca de 1 500 habitantes. La situación geográfica del archipiélago hace que el uso de combustibles fósiles sea comparativamente mucho más caro y difícil de mantener que un sistema fotovoltaico.

La instalación fotovoltaica de Tokelau es un ejemplo del que ya han tomado nota otros países de Oceanía, tales como, las vecinas Islas Cook y el archipiélago de Tuvalu, que también pretenden abastecerse completamente a partir de energías renovables para el año 2020.

- Energía solar térmica: energía termo-solar consiste en el aprovechamiento de la energía del sol para producir calor, que puede ser utilizado como fuente de energía en la industria o en el hogar. La energía solar térmica en un hogar puede ser útil para cocinar alimentos o para la producción de agua caliente destinada al consumo doméstico, ya sea agua caliente sanitaria, calefacción, o para producción de energía mecánica. Adicionalmente puede emplearse para alimentar una máquina

de refrigeración por absorción, que emplea calor en lugar de electricidad para producir frío con el que se acondiciona el aire de los hogares.

#### **2.5.5.2. Gestión energética en aparatos y sistemas**

Es un procedimiento organizado de previsión y control del consumo de energía, en cualquier equipo o sistema que la utilice para su funcionamiento. Su finalidad primordial es obtener la mayor eficiencia en el suministro, conversión y utilización de la energía, sin disminuir las prestaciones requeridas en los dispositivos para obtener niveles aceptables de funcionamiento.

Al crecer los costes de la energía y su consumo se hace necesario un sistema de gestión energética con la finalidad de conocer el consumo y usos de las distintas fuentes energéticas, no solo al nivel de valores globales, sino de modo particularizado aplicado a los distintos procesos y consumos internos. Este conocimiento predice los incrementos de energía usada que se producirán al aumentar la actividad, o es posible fijar las medidas de contención del coste a través de un programa inteligente de ahorro.

El sistema de gestión debe controlar y modificar todas aquellas variables que intervienen en los procesos y equipos consumidores de energía; desde las condiciones de contratación de los distintos suministros hasta el funcionamiento de una simple válvula de regulación.

La metodología usada en el proceso de gestión energética conlleva las siguientes etapas:

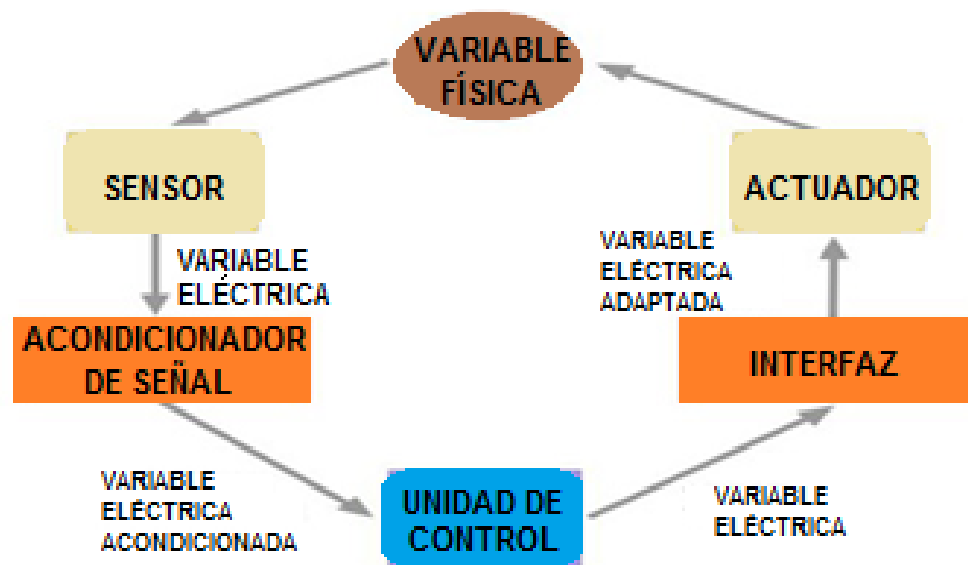
- Inventario de edificios y equipos consumidores: consiste en conocer la cantidad total usada de cada tipo de energía (gas, electricidad, y combustibles.) así como los rendimientos y potencias de los equipos.
- Realización de una auditoría energética: consiste en un análisis de la situación energética a lo largo de un periodo de tiempo con el fin de determinar cómo y dónde se utiliza la energía en sus distintas formas. Se realiza una toma de datos, un diagnóstico, un estudio de mejoras y un análisis económico.
- Formación y motivación del personal: educación del personal que trabajará diariamente en las instalaciones. Es un requisito indispensable para un uso realmente racional de la energía.
- Programa de gestión energética: una vez planificadas las líneas de actuación tras la auditoría, un sistema de información será la base de un programa de gestión energética que se encargará de llevar el control y mantenimiento de todos los equipos: consumos, horarios, e informes.

Los sistemas de gestión, de un modo general, controlan y modifican los procesos a través de los sistemas de regulación y control basados en las siguientes acciones parciales:

- Medida de los cambios de las magnitudes reguladas.
- Comparación de estos cambios, traducidos en señales eléctricas o de otro tipo, con los valores prefijados por el sistema.
- Actuación sobre el sistema para mantener los valores prefijados.

De acuerdo con estas acciones, la secuencia de operación de este sistema corresponde a un sistema de control retroalimentado, vea figura 2.

Figura 2. **Secuencia de un sistema de control retroalimentado**



Fuente: elaboración propia, con programa Visio.

Cuando se instala un sistema domótico enfocado a la eficiencia energética también se exige la instalación de un sistema o dispositivo de medición del consumo de energía en la vivienda; esto con el fin de monitorear el buen funcionamiento de todo el sistema.

La investigación se basa en un sistema enfocado en los siguientes subsistemas de gestión energética, descritos de manera detallada en los capítulos correspondientes:

- Gestión energética en sistemas de iluminación
- Gestión energética en sistemas de climatización y agua sanitaria
- Gestión energética en aparatos electrodomésticos
- Medición, seguridad eléctrica y otras comodidades

#### **2.5.5.2.1. Iluminación**

El aprovechamiento de la luz natural para la iluminación es una de las condiciones que se propone en la investigación, basado en la tecnología para el aprovechamiento máximo de la luz solar. También se propone controlar el encendido y apagado de todo el sistema de iluminación de la vivienda de manera autónoma y controlada de formas complementarias al control tradicional del interruptor clásico. Se puede de esta manera conseguir un incremento en la comodidad y ahorro energético. En el capítulo cuatro se explican y detallan las principales funciones y características del sistema de control domótico para la iluminación.

La iluminación también es regulada en función del nivel de luminosidad ambiente, evitando su encendido innecesario o adaptándola a las necesidades del usuario. La activación de esta se realiza siempre cuando el nivel de luminosidad pasa un determinado umbral, la cual también puede ser ajustable por parte del usuario. Esto garantiza un nivel de iluminación y gasto mínimo.

Otra característica que se implementa es la de activar la iluminación en función de la presencia de personas. Esto se logra con un sensor detector de presencia, el cual indicará al sistema de la presencia de personas en la estancia. Con esto el sistema garantiza una buena iluminación y asegura que las luces no se queden encendidas en lugares cuando estas no hagan falta.

También se activa la iluminación según otros eventos propios de algunos hogares modernos, como el mando a distancia del garaje, al activarse la alarma de seguridad en el exterior de la vivienda, encender o apagar una luminaria de manera temporizada a voluntad del usuario, permitiendo su actuación al cabo de determinado tiempo y hora del día, o controlarse por medio de mandos a distancia. Todo esto con independencia del tradicional mecanismo de mando eléctrico.

#### **2.5.5.2.2. Climatización y agua sanitaria**

La forma más básica de controlar la climatización de una vivienda es la conexión o desconexión de todo el sistema de climatización. Se realiza esto según una programación horaria, según presencia de personas en el hogar o de forma manual. Con estos modos de funcionamiento el sistema solo garantiza el establecimiento de una temperatura de consigna única para toda la vivienda, de forma parecida a la existencia de un termostato de ambiente convencional.

En cuanto al ahorro energético por medio del agua sanitaria en el hogar se puede aprovechar la temperatura solar por medio de un sistema de calentamiento de agua para mantener este servicio tan necesario. Sistema que por sí solo ya presenta un gran ahorro energético, sin embargo se puede hacer muchísimo más para alcanzar un alto nivel de comodidad y ahorro energético.

### **2.5.5.2.3. Aparatos electrodomésticos**

Si algo no falta en un hogar son electrodomésticos de todo tipo, aparatos que consumen alrededor del 40 % de la energía en el hogar, por lo que conviene tener presente el ahorro energético que se puede conseguir con un uso eficiente de estos equipos. Para lograr esta eficiencia es necesario reducir el consumo de cada uno de ellos, se toma en cuenta su consumo con base en la etiqueta energética. Esta etiqueta debe mencionar la eficiencia en el consumo, pero no todos los electrodomésticos la poseen, solamente aquellos que consumen mucho o que pasan encendidos gran parte de su vida útil, destacando frigoríficos y congeladores, lavadoras, lavavajillas, secadoras, horno eléctrico y aires acondicionados.

La normativa expresa la eficiencia energética de los electrodomésticos en una escala de 7 clases de eficiencia, y se identifican mediante un código de color y letras que van desde el verde y la letra A. Para los equipos con mayor eficiencia, hasta el color rojo y la letra G para los equipos de menor eficiencia. Un electrodoméstico de clase A puede llegar a consumir un 55 % menos que el mismo en una clase media, la elección de un electrodoméstico con esta información puede suponer un ahorro económico.

La otra forma de lograr que los aparatos electrodomésticos logren consumir menos es por medio de un sistema domótico, el cual administre de manera eficiente, basándose en el tiempo y la hora de funcionamiento para cada uno de ellos, aprovechando horarios en los que la energía comercial es mucho más barata y con menos turbulenta.



#### **2.5.5.2.4. Medición, seguridad y otras comodidades**

En toda implementación de eficiencia energética es necesario que exista un sistema de medición para llevar el registro de consumo y verificar sus resultados. Creando confianza en los consumidores, ya que la eficiencia energética es una actividad reciente en Guatemala que requiere demostración de resultados satisfactorios, en los que se verifique que sea una actividad rentable. Este sistema de medición debe ser lo más exacto y eficiente posible, por el carácter crítico de lograr un buen resultado.

Los principales objetivos del área de medición y verificación son:

- Cuantificar las reducciones de consumo generado.
- Potenciar el uso de los proyectos de eficiencia energética.
- Rendir cuenta sobre el costo-efectividad de proyectos de eficiencia energética.

El sistema domótico debe ser lo más autónomo posible, evitando que este propenso al error humano, disminuyendo e incrementando la seguridad de sus habitantes y las pertenencias de los mismos.

Además con un sistema autónomo se lograr una mayor comodidad, tranquilidad y satisfacción económica, ambiental y moral, al saber que el sistema tiene todo bajo control electrónico.

## **2.6. Beneficios del sistema domótico para el ahorro energético**

La tecnología ayuda a mejorar muchos aspectos en una sociedad, siendo la domótica una herramienta muy útil para obtener tal objetivo. La domótica logra grandes beneficios integrando tecnologías que ayudan a manejar el funcionamiento de una vivienda de manera remota, que hoy en día ya es toda una realidad a nivel mundial y que poco a poco ha llegado a país.

En Guatemala son pocas las viviendas que ya cuentan con este tipo de tecnología integrada en su vida cotidiana, obteniendo beneficiosos resultados en el uso eficiente de la energía, prevención de robos y accidentes, aumento del bienestar y confort en el hogar y mejora en la comunicación entre otros beneficios.

Los beneficios que aporta la domótica son múltiples, y se podría afirmar que cada día surgen nuevos. Por ello se agrupan en los siguientes apartados:

- Ahorro energético gracias a una gestión eficiente, tarifaria e inteligente de los sistemas de consumo energético.
- La potenciación y enriquecimiento de la propia red de comunicaciones.
- La más contundente seguridad personal y patrimonial.
- La tele-asistencia.
- La gestión remota (vía teléfono, radio, internet, y otros) de instalaciones y equipos domésticos.
- Aumento del bienestar y en definitiva aumento de la comodidad.

De los apartados anteriores se enfocará en el primero de ellos, siendo este el ahorro logrado con base en la eficiencia energética de sistemas de consumo energético. Es así como gestionar eficiente, segura, cómoda e

inteligentemente la operación de sistemas de consumo energético para quienes habitan un hogar, ha dado una gran oportunidad para que la domótica sea un factor muy relevante en el ahorro energético.

Entre sus beneficios destaca el uso efectivo de la electricidad, controlando su consumo a través de la programación de luminarias, climatización y artefactos electrodomésticos en el hogar. Esto se logra racionalizando cargas eléctricas, ya sea desconectando equipos en desuso, como también apagando y encendiendo luces según las necesidades de los usuarios. Además, permite el manejo remoto de instalaciones y equipos domésticos, evitando riesgos de sobrecalentamiento o cortocircuitos.

En resumen las desventajas son realmente pocas respecto a las ventajas:

- El precio aún es demasiado alto.
- Al ser relativamente nueva su aplicación se experimentan fallos en los sistemas, y otros.
- Se produce el aislamiento del usuario.
- Se da un entorpecimiento del usuario, dependiendo del grado de automatización del sistema.

## **2.7. Protocolos como medios de interconexión**

Ya establecido el equipo físico, un sistema domótico se caracteriza por el protocolo de comunicación, idioma o formato de los mensajes que los diferentes elementos de control del sistema deben utilizar para entenderse unos con otros y que puedan intercambiar su información de una manera coherente.

Dentro de los protocolos existentes se realiza una primera clasificación atendiendo a su estandarización:

- Protocolos estándar: son utilizados ampliamente por diferentes empresas, fabricando productos que son compatibles entre sí. Entre los protocolos estándar se encuentran el ZigBee, LonWorks, Modbus, KNX, X10, y otros.
- Protocolos propietarios: son aquellos desarrollados por una empresa, que fabrica productos capaces de comunicarse solamente entre sí, pueden ser variantes de protocolos estándar. Entre los protocolos propietarios más desarrollados están Crestron y DECnet.

### **3. DISEÑO DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO PARA UN HOGAR**

#### **3.1. Energía solar fotovoltaica**

Fuente de energía que produce electricidad de origen renovable, obtenida directamente a partir de la radiación solar mediante un dispositivo semiconductor.

##### **3.1.1. Introducción**

La energía solar es obtenida mediante la captación de la luz y el calor emitidos por el sol. La radiación solar que alcanza la Tierra puede aprovecharse por medio del calor que produce, como también a través de la absorción de la radiación, por medio de dispositivos ópticos o de otro tipo. Es una de las llamadas energías renovables particularmente del grupo no contaminante, conocido como energía limpia o energía verde.

##### **3.1.1.1. El efecto fotovoltaico**

Es la base del proceso mediante el cual una célula fotovoltaica (FV), convierte la luz solar en electricidad, debido a que la luz solar está compuesta por fotones o partículas energéticas.

Cuando un fotón incide sobre una célula FV, este puede ser reflejado, absorbido o pasar a través de ella, pero únicamente los fotones absorbidos generan electricidad. Cuando un fotón es absorbido, la energía del fotón se

transfiere a un electrón de un átomo de la célula. Con esta nueva energía, el electrón es capaz de escapar de su posición normal asociada con un átomo para formar parte de la corriente en un circuito eléctrico.

Las partes más importantes de una célula FV son las capas de semiconductores por ser donde se crea la corriente de electrones. Estos semiconductores son especialmente tratados para formar dos capas diferentes dopadas (tipo p y tipo n), que forman un campo eléctrico, positivo en una parte y negativo en la otra. Cuando la luz solar incide en la célula se liberan electrones que pueden ser atrapados por el campo eléctrico, formando así una corriente eléctrica.

Además de los semiconductores las células FV están formadas por una malla metálica superior para recolectar los electrones del semiconductor, un contacto posterior para completar el circuito eléctrico, un vidrio en la parte superior para sellarla y protegerla de las condiciones ambientales y una capa antirreflexiva para aumentar el número de fotones absorbidos.

El rendimiento de conversión de una célula FV es la proporción de luz solar que la célula convierte en energía eléctrica. Esta característica es fundamental en los dispositivos fotovoltaicos, ya que el aumento del rendimiento hace de la energía solar FV una energía más competitiva con otras fuentes.

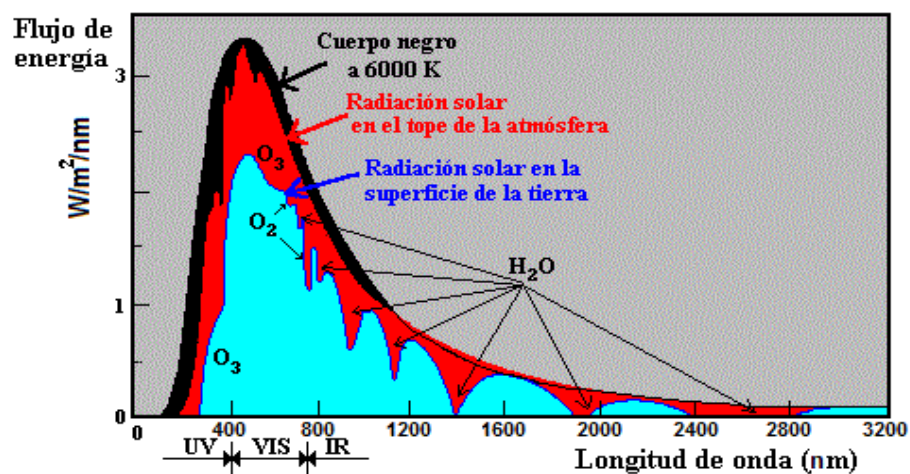
Estas células conectadas unas con otras, encapsuladas y montadas sobre una estructura soporte o marco, conforman un módulo fotovoltaico, diseñados para suministrar electricidad a un determinado voltaje, normalmente 12 o 24 V DC, y la corriente producida depende del nivel de irradiación. Aunque un módulo puede ser suficiente para muchas aplicaciones, dos o más módulos pueden ser conectados para formar un generador FV. Los generadores o

módulos fotovoltaicos producen corriente continua y son conectados en serie o en paralelo para producir cualquier combinación de corriente y tensión requerida.

### 3.1.1.2. La radiación solar

Se conoce por radiación solar al conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el sol. Se distribuye desde infrarrojo hasta ultravioleta y no toda la radiación alcanza la superficie de la tierra, pues las ondas ultravioletas más cortas, son absorbidas por los gases de la atmósfera fundamentalmente por el ozono, vea figura 3. La magnitud que mide la radiación solar que llega a la tierra es la irradiancia, que mide la energía que, por unidad de tiempo y área, alcanza a la tierra. Su unidad es el  $W/m^2$ .

Figura 3. Radiación solar



Fuente: MATIZ, Alfonso. *Comiso y destino relacionados*.

<http://www.proteccioncivil.org/catalogo/carpeta02/vademecum12/vdm031.htm>. Consulta: 4 de octubre de 2014.

El Sol es la estrella más cercana a la Tierra y está catalogada como una estrella enana amarilla. Sus regiones interiores son totalmente inaccesibles a la observación directa y es allí donde ocurren temperaturas de unos 20 millones de grados necesarios para producir las reacciones nucleares que producen su energía.

- **Distribución espectral de la radiación solar**

La aplicación de la Ley de Planck al Sol, con una temperatura superficial de unos 6 000 K, determina que el 99 % de la radiación emitida por el sol está entre longitudes de onda 150 y 4 000 nanómetros (nm). La luz visible se extiende desde 380 a 830 nm.

La atmósfera de la Tierra constituye un importante filtro, que desecha radiaciones de longitud de onda inferior a las 290 nm por la fuerte absorción del ozono y oxígeno. Este filtro natural libra de la radiación ultravioleta dañina para todos los seres vivos del planeta.

### **3.1.1.3. El panel solar fotovoltaico**

Los colectores solares o paneles solares fotovoltaicos están formados por un conjunto de celdas fotovoltaicas, encapsulada en dos capas de EVA (etileno-vinilo-acetato), que producen electricidad a partir de la luz que incide sobre ellos. El parámetro estandarizado para clasificar su potencia se denomina potencia pico, y se corresponde con la potencia máxima que el módulo puede entregar bajo unas condiciones estandarizadas, que son:

- Radiación de 1 000 W/m<sup>2</sup>
- Temperatura de célula de 25 °C



Las células fotovoltaicas más comunes son de silicio y se clasifican en las siguientes categorías:

- Monocrystalinas: se componen de secciones de un único cristal de silicio, normalmente manufacturado mediante el proceso *Czochralski*. Este tipo de células presenta un color azul oscuro uniforme (reconocibles por su forma circular u octogonal, donde los cuatro lados cortos, si se observa se aprecia que son curvos, debido a que es una célula circular recortada).
- Policristalinas: también llamado multicristalino. Están constituidas por un conjunto de cristales de silicio, lo que explica que su rendimiento sea algo inferior al de las células monocrystalinas. Se caracterizan por un color azul más intenso.
- Amorfás: cuando el silicio no se ha cristalizado son menos eficientes que las células de silicio cristalino, pero también menos costosas.

Los rendimientos típicos de una célula fotovoltaica de silicio policristalino oscilan entre el 14 y el 20 %. Para células de silicio monocrystalino, los valores oscilan en el 15 y el 21 %. Los más altos se consiguen con los colectores solares térmicos a baja temperatura, que alcanzan un 70 % de rendimiento en la transferencia de energía solar a térmica.

Los paneles solares fotovoltaicos no producen calor que se aproveche, aunque hay líneas de investigación sobre paneles híbridos que generan energía eléctrica y térmica simultáneamente. Sin embargo, son muy apropiados para proyectos de electrificación rural en zonas que no cuentan con red eléctrica, instalaciones sencillas en azoteas y de autoconsumo fotovoltaico.

En la figura 4 se muestra la fotografía de un arreglo de paneles solares instalados en áreas rurales.

Figura 4. **Fotografía de paneles solares**



Fuente: MATIZ, Alfonso. *Comiso y destino relacionados*.

<http://www.oem.com.mx/laprensa/notas/n3330827.htm>.

Consulta: 3 de octubre de 2014.

#### **3.1.1.4. Ventajas y desventajas de las instalaciones fotovoltaicas**

Como cualquier sistema de generación de energía eléctrica, posee ventajas y desventajas:

- Ventajas: la energía solar fotovoltaica es una de las fuentes más prometedoras de las energías renovables en el mundo. Comparada con las fuentes no renovables. Las ventajas son claras: es no contaminante,

no tiene partes móviles que analizar, no requiere mucho mantenimiento, no requiere de una extensa instalación para operar, no consume combustibles fósiles, no genera residuos, no produce ruidos y es una fuente inagotable de energía que ofrece una elevada fiabilidad y disponibilidad operativa excelente.

Los generadores de energía son instalados de una forma distribuida, en la cual los edificios ya construidos, pueden generar su propia energía de forma segura y silenciosa.

Tomando en cuenta las ventajas socioeconómicas se requiere una instalación simple. Tienen una vida útil larga (aproximadamente 30 años), resisten condiciones climáticas extremas (granizo, viento, temperatura y humedad), no existe dependencia de instituciones o de países productores de combustibles, puede instalarse en zonas, su uso es en lugares de bajo consumo y en casas ubicadas en parajes rurales donde no llega la red eléctrica general, puede venderse el excedente de electricidad a una compañía eléctrica y puede aumentarse la potencia mediante la incorporación de nuevos módulos fotovoltaicos.

- Desventajas: los principales inconvenientes de este sistema de generación de energía eléctrica, no provienen de su origen, ya que el Sol tiene reservas que exceden las necesidades humanas, ni tampoco de la materia prima de donde se extrae el silicio. Este abunda en la naturaleza, el verdadero inconveniente proviene de la técnica de construcción y fabricación de los módulos fotovoltaicos, siendo este complejo y caro. Además la energía eléctrica es de difícil almacenamiento, elevando aún más sus costos de uso, por lo que su compra e instalación no es económicamente competitiva con otros sistemas de generación actuales.

Tomando en cuenta las desventajas de producción esta varía según la climatología del lugar y época del año, su rendimiento obtenido es muy bajo y el espacio de terreno ocupado por los elementos captadores suele ser muy grande.

#### **3.1.1.5. Autoconsumo fotovoltaico y paridad de red**

El autoconsumo fotovoltaico consiste en la producción individual a pequeña escala de electricidad para el propio consumo, a través de los paneles solares. Ello se complementa con el balance neto. Este esquema de producción permite compensar el consumo eléctrico mediante lo generado por una instalación fotovoltaica en momentos de menor consumo, ya ha sido implantado con éxito en muchos países.

Para incentivar el desarrollo de la tecnología con miras a alcanzar la paridad de red, igualar el precio de obtención de la energía al de otras fuentes más económicas en la actualidad, existen primas a la producción, que garantizan un precio fijo de compra por parte de la red eléctrica. Este esquema de incentivos ya ha dado sus frutos, logrando que los costes de la energía fotovoltaica se sitúen por debajo del precio de venta de la electricidad tradicional en un número creciente de regiones.

#### **3.1.2. Desarrollo de la energía solar fotovoltaica**

El desarrollo global de esta tecnología ha alcanzado ritmos de crecimiento elevados, aún con este crecimiento, la contribución actual de la energía eléctrica de carácter fotovoltaico para cubrir las necesidades energéticas, es inferior y lo será los próximos años. Esta tendencia y perseverancia llevaría a

un futuro más alentador en las siguientes décadas, siendo lo más notable y favorable el impacto positivo al cambio climático.

Parece prudente diversificar las opciones energéticas al no desechar ninguna alternativa que demuestre potencial. Con este principio, la energía solar fotovoltaica pide un sitio dentro de los esfuerzos globales para cambiar o adaptar el modelo energético actual, y su propia naturaleza la hace idónea para responder a los problemas medioambientales del modelo actual y por qué el coste para apoyar su desarrollo es asumible.

#### **3.1.2.1. El desarrollo fotovoltaico mundial**

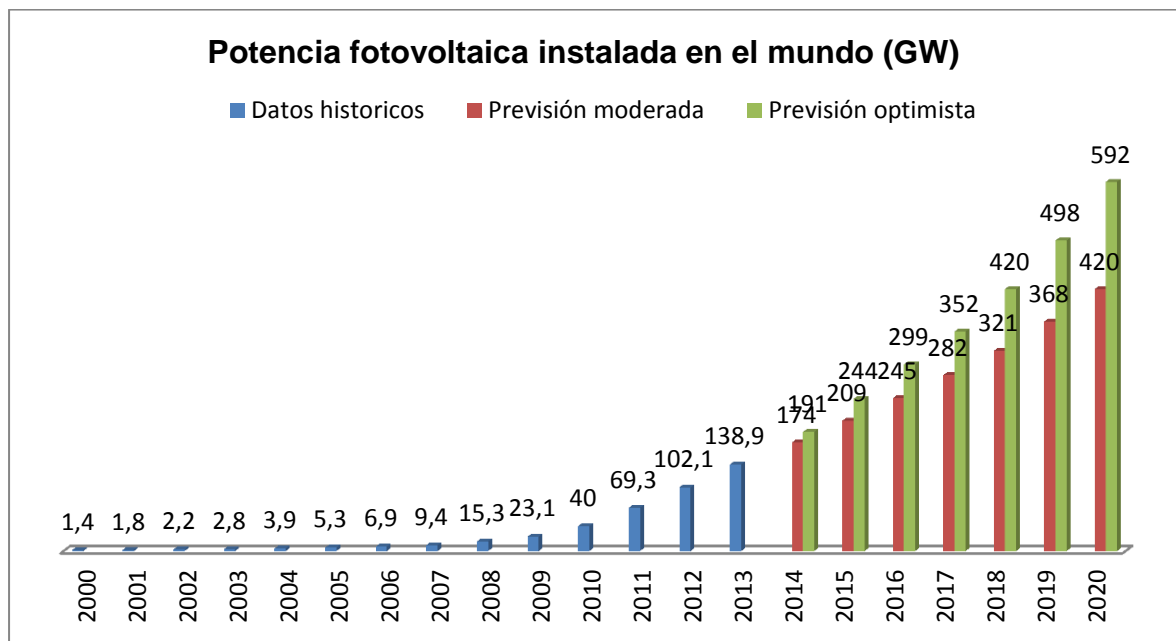
Debido a la creciente demanda de energías renovables, la fabricación de células solares e instalaciones fotovoltaicas ha avanzado considerablemente en los últimos años. Alemania, Japón, China y Estados Unidos son los países donde la energía fotovoltaica está experimentando un crecimiento más vertiginoso. A finales de 2013 se habían instalado en todo el mundo cerca de 140 GW de potencia fotovoltaica, convirtiendo a la fotovoltaica en la tercera fuente de energía renovable más importante en términos de capacidad instalada a nivel global, después de las energías hidroeléctrica y eólica.

La considerable potencia instalada en Alemania de 35 GW hasta 2014 ha protagonizado varios récords durante los últimos años. Durante dos días consecutivos las plantas fotovoltaicas instaladas en este país producen 22 000 MW en la horas del mediodía, lo que equivale a la potencia de generación de veinte centrales nucleares trabajando a plena capacidad.

Como muestra del crecimiento de la potencia fotovoltaica instalada alrededor del mundo, se muestra la figura 5, donde se observa la potencia

fotovoltaica instalada históricamente desde el año 2000 hasta el 2013, y los datos previstos tanto de manera moderada como de manera más optimista posible hasta el 2020.

Figura 5. **Desarrollo fotovoltaico estimado al 2020**



Fuente: elaboración propia.

La energía solar fotovoltaica se usaba tradicionalmente desde su popularización a finales de 1970 para alimentar innumerables aparatos autónomos, abastecer refugios o casas aisladas de la red eléctrica. Sin embargo, de forma creciente durante los últimos años, para producir electricidad a gran escala a través de redes de distribución, bien mediante inyección a la red o para autoconsumo doméstico.

El silicio solar y la producción de paneles solares fotovoltaicos siguen estando dominadas por las células de silicio cristalino que a estas alturas presentan una madurez tecnológica total. Esta es una de las razones por las que se está observando una escasez de módulos respecto a la demanda. La razón última de estas tensiones de demanda-oferta hay que buscarlas en la insuficiente capacidad coyuntural de purificación del silicio. El silicio es el elemento solo detrás el oxígeno más abundante y distribuido de planeta, pero no se encuentra aislado, ni puro, si no combinado con oxígeno, del que se debe extraer el oxígeno y las impurezas para obtener en una primera etapa, el silicio de grado metalúrgico con pureza del orden del 90 %.

Del silicio de grado metalúrgico obtenido por la industria metalúrgica se obtiene un silicio con menos impurezas, no más de unas pocas partes por millón, para que sirva en las industrias electrónica y solar. La escasez de silicio de grado solar es coyuntural porque no hay limitaciones de silicio, ni del capital dispuesto a invertir en una industria de purificación, ya que tiene un gran futuro y rentabilidad. Esta rentabilidad la proporciona, entre otras razones, el hecho que, por la escasez actual, el silicio de grado solar haya subido de precio y haga las inversiones atractivas.

#### **3.1.2.2. El desarrollo fotovoltaico en Guatemala**

El desarrollo energético de Guatemala en los últimos años, impulsado por el Gobierno y la CNEE en Guatemala, se estima un crecimiento del sector de la energía solar fotovoltaica mayor al 4 % anual, según la Cámara Guatemalteca de la Construcción, esto debido a medidas creadas para facilitar la inversión del capital extranjero en el sector energético del país.

El interés del país en incursionar en el campo de la energía eléctrica renovable, en especial en la energía solar fotovoltaica, la coloca como pionera en la región en esta industria y avanzará en el cambio de la matriz energética nacional.

Como claro ejemplo del desarrollo fotovoltaico en el país se puede destacar que en agosto pasado en el departamento de Zacapa, se terminó de construir el primer parque solar en Guatemala y el más grande de Centroamérica. Esto gracias a una inversión española cercana a los \$140 millones, inversión lograda gracias al esfuerzo del gobierno actual, y de la aprobación por parte la CNEE. Proyecto que genera 50 megavatios de electricidad (casi la sexta parte que genera la planta hidroeléctrica Chixoy), electricidad producida a base de luz solar, la cual será capaz de brindar insumo eléctrico a 15 mil hogares, lo que provocará rebaja eléctrica en la facturación mensual, además de protección al medio ambiente.

Otro hecho a destacar en el desarrollo fotovoltaico en Guatemala, es que desde ya hace algunos años existen esfuerzos sin fines de lucro del Ministerio de Energía y Minas (MEM), en conjunto con la Unión Europea (UE), para la realización de proyectos de energía solar como fuente de energía para el consumo domiciliario en el área rural. Ayuda que se ha hecho llegar a familias de comunidades aisladas de la red eléctrica nacional en los departamentos de Santa Rosa, Jutiapa, Jalapa, Chiquimula, Izabal, Alta y Baja Verapaz entre otros.

También existen entidades privadas que están aportando al desarrollo fotovoltaico en Guatemala, empresas que ofrecen sistemas de paneles solares fotovoltaicos a la población en general. Entidades que ya se han consolidado



innovadoras en este ámbito tecnológico, debido a la alta gama de productos de energía renovables que ofrecen a sus clientes, entre las más importantes están:

- Sistemas Solares S. A.
- Guatemala Solar
- Grupo Ortiz (extranjera pero con una alta incursión en el país)

### **3.1.3. Instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red eléctrica**

Hay muchas formas de almacenar la energía eléctrica solar, pero las dos principales son:

- Sistemas fotovoltaicos aislados
- Sistemas fotovoltaicos conectados a la red

La primera es conocida también como sistema aislado. Este permite al usuario gozar de su energía eléctrica sin necesidad de estar conectado a ninguna de las redes de distribución de las empresas proveedoras de electricidad, pues se genera independientemente y su almacenamiento es con base en baterías, lo que lo independiza de las empresas distribuidoras. Esta es la forma que se utiliza cuando se esta en áreas remotas en donde no se cuenta con una red de distribución eléctrica, donde el suministro no es confiable o donde está mal regulado.

El segundo sistema es llamado amarrado a la red y se usa en localizaciones en donde ya existe acometida eléctrica. Este sistema permite usar la red eléctrica existente para guardar la energía producida por el sistema fotovoltaico, inyectando electricidad a la red. Para el efecto se usa un contador bidireccional en el cual las manecillas dan vuelta en el sentido contrario cuando

se está ingresando energía solar al sistema. Con este sistema el productor está alimentando de electricidad a otros usuarios con energía limpia y renovable en lugar de energía sucia generada a través de combustibles fósiles.

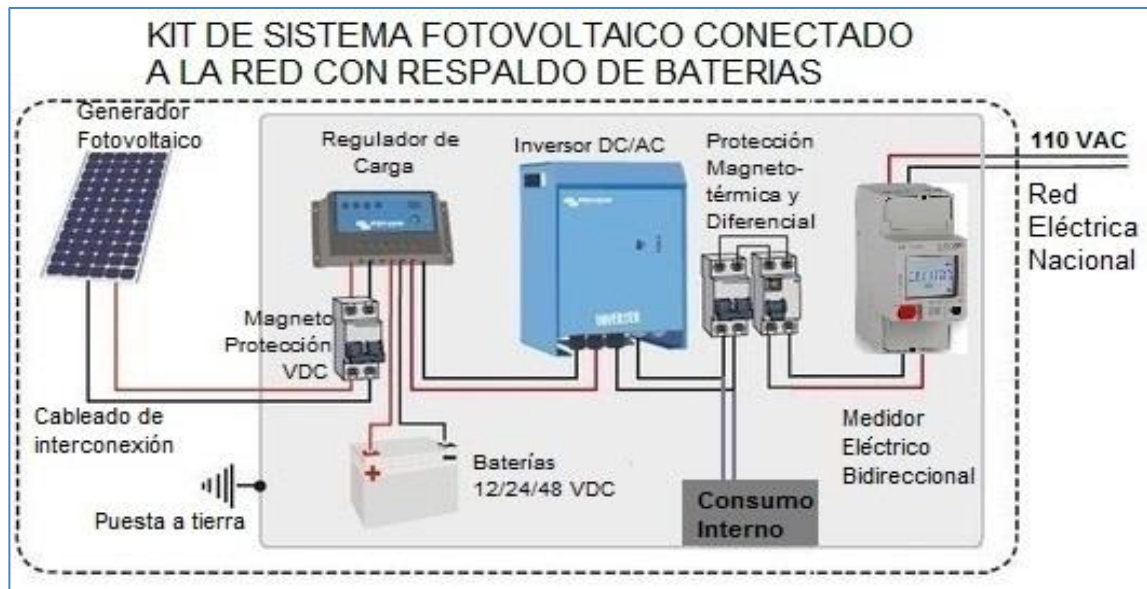
Para lugares con una acometida eléctrica existente, el sistema amarrado a la red es el tipo más común de sistema fotovoltaico que se instala actualmente en Guatemala. Este sistema requiere de una menor cantidad de componentes y el diseño e instalación del mismo es mucho más simple por lo que necesariamente es más económico. La producción de energía es mayor y básicamente es el más eficiente convirtiendo la radiación del sol en energía eléctrica de corriente alterna (AC). Al usar este sistema, el ahorro se da al ingresar la energía a la red ya que el contador empieza a descontar todo lo que ingresa a la red, bajando la factura eléctrica mensual.

En muchos países, para estimular la utilización de sistemas fotovoltaicos, los gobiernos han implementado incentivos fiscales o directos para aquellos consumidores que instalen sistemas de generación fotovoltaicos. Lamentablemente en Guatemala no existe subsidio para estas inversiones y probablemente nunca lo habrá, pero instalar paneles solares es una inversión rentable, por tener un periodo de recuperación de la inversión de cuatro a siete años. Una vez que el sistema se haya pagado a sí mismo a través de los ahorros que se generan al producir la energía eléctrica, todo el resto de la energía que se produzca será gratis independientemente si las empresas productoras aumenten el precio del Kilovatio hora.

### 3.1.3.1. Elementos que componen la instalación

La figura 6 muestra el esquema de un sistema fotovoltaico conectado a la red de baja tensión, el cual contempla la posibilidad de interconectar con los cuadros de distribución de consumo interno.

Figura 6. Esquema del sistema fotovoltaico



Fuente: elaboración propia, con programa Visio.

Los elementos que conforman la instalación son los siguientes:

- Generador fotovoltaico: transforma la energía solar en energía eléctrica. Está constituido por paneles solares y estos a su vez están formados por varias células iguales conectadas eléctricamente entre sí, en serie y en paralelo, de forma que la tensión y corriente suministradas por el panel se incrementa hasta ajustarse al valor deseado.

La mayoría de los paneles solares se construyen asociando primero células en serie hasta conseguir el nivel de tensión deseado, luego asociando en paralelo varias asociaciones serie de células para alcanzar el nivel de corriente deseado. Además, el panel solar cuenta con elementos que hacen posible la adecuada protección del conjunto frente a los agentes externos, asegurando la rigidez suficiente y permitiendo la conexión eléctrica.

- Regulador y controlador de carga: un controlador o regulador de carga es básicamente el ente regulador de voltaje y corriente provenientes de los paneles solares hacia el bando de baterías y hacia la red de distribución. Encargada de proteger las baterías de cargas excesivas, ya que estas necesitan alrededor de 14 a 14,5 voltios para obtener cargas completas y la mayoría de los paneles solares de 12 voltios emiten alrededor de 16 a 20 voltios. Con esto se evita que las baterías se dañen por sobrecarga, prolongando así la vida útil de las mismas.

En resumen un regulador es la caja de protección encargada de salvaguardar toda la instalación eléctrica de un posible cortocircuito o punta de intensidad la cual afectaría a todos los componentes conectados a la red.

- Baterías de ciclo profundo: necesarias para almacenar energía en un sistema de energía renovable, especialmente en sistemas fotovoltaicos de manera que este las recarguen por medio de paneles solares. A diferencia de las baterías convencionales, estas pueden cargarse y descargarse en repetidas ocasiones sin que estas se dañen.
- Inversor: es el equipo encargado de transformar la energía recibida del generador fotovoltaico en forma de corriente continua y adaptarla a las condiciones requeridas según el tipo de cargas, normalmente en

corriente alterna para el posterior suministro a la red. Los inversores vienen caracterizados principalmente por la tensión de entrada, la potencia máxima que proporciona y la eficiencia.

El inversor utilizado debe ser lo más eficiente posible, estar adecuadamente protegidos contra cortocircuitos y sobrecargas con un regulador o controlador de cargas, incorporar conexión y desconexión automáticos, admitir demandas instantáneas de potencia mayores del 150 % de su potencia máxima, cumplir con los requisitos que establece el Reglamento de Baja Tensión, baja distorsión armónica, bajo consumo y un sistema de medidas y monitorización.

- Equipo de medida (medidor eléctrico bidireccional): los medidores eléctricos o más conocidos como contadores eléctricos son necesarios para calcular la cantidad de energía que la compañía suministradora debe facturar a los consumidores. Existen diferentes tecnologías, modelos y marcas que cumplen con los requisitos estipulados por la CNEE, por lo que para fines de la investigación se hará referencia a los medidores bidireccionales monofásicos.

Los medidores bidireccionales son aquellos que permiten al usuario interconectar la energía convencional con aquellas que genere a través de paneles solares u otros mecanismos. Encargados de controlar numéricamente la energía generada y volcada a la red de distribución eléctrica, para ser vendida a la compañía de distribución a los precios acordados.

- Protección de sobre-corrientes, contra rayos y puesta a tierra: para garantizar el buen funcionamiento de un sistema solar es necesario instalar equipamiento de seguridad que proteja contra averías internas y externas, las cuales ponen en riesgo a los usuarios y al mismo sistema solar.

Para averías internas como sobrecorrientes y cortocircuitos se deben instalar interruptores magnetoeléctricos. Interruptores que desconecten las cargas eléctricas de las fuentes de energías tanto en voltaje directo como alterno, esto garantiza que un sistema solar este protegido de sobrecalentamiento e incendios.

La protección contra rayos conjuntamente con la puesta a tierra en un sistema solar garantizan la protección contra descargas eléctricas internas o externas, que se presenten en un momento dado sobre las masas metálicas de los componentes. Instalaciones que ayudan a delimitar altas tenciones, eliminando con esto el riesgo que supone el mal funcionamiento así como averías que estas causen en algún otro equipo.

- Cableado de Interconexión: es el encargado de conectar los distintos elementos que conforman el sistema fotovoltaico y otra instrumentación. Debe contar con materiales de alta calidad para que se asegure la durabilidad y la fiabilidad del sistema a la intemperie. El cableado evidentemente tendrá que cumplir con el reglamento técnico de baja tensión y los cables utilizados deben tener una última capa de protección con un material resistente a la intemperie y la humedad, de tal forma que no le afecten internamente los agentes atmosféricos.

Para determinar el calibre de los cables de interconexión, los fabricantes de cables proporcionan tablas que seleccionan el calibre óptimo de cada interconexión de acuerdo a la intensidad de corriente máxima que por ella circule.

#### **3.1.3.2. Acometida eléctrica**

Es instalación proveniente de red de distribución eléctrica que alimenta la caja general de protección o tablero eléctrico interno de una vivienda. Los conductores de la acometida eléctrica son de cobre o aluminio, regulada por el reglamento ITC-BT-11 (ver apéndice).

La acometida eléctrica será parte de la instalación constituida por la empresa suministradora, por lo tanto el diseño y trazado se basará en las normas propias y particulares de la misma. El centro de transformación al que se conectará la instalación es objeto de un proyecto totalmente diferenciado y que se ajustará a las mejores condiciones de servicio propuestas por la empresa distribuidora.

### **3.2. Diseño de un sistema solar fotovoltaico para un hogar**

El sistema solar fotovoltaico se dimensiona en función del consumo real de las cargas conectadas a la red interna y de las condiciones geográficas de irradiación de la región de instalación.

### **3.2.1. Dimensionamiento según el consumo energético real de las cargas en un hogar**

El consumo energético de las cargas dentro de un hogar se establece en función de la suma de las potencias de cada uno de los aparatos eléctricos que se vayan a utilizar y de las horas medias de funcionamiento al día, valor que se expresa en Kilovatio hora diaria. Consumo calculado en un día, período con el que cuenta un sistema solar en volver a cargarse y funcionar de manera óptima para con las cargas conectadas a la red interna.

Para realizar un cálculo aproximado del consumo eléctrico diario promedio de un hogar guatemalteco, región donde se utilizará el sistema solar, se tomará en cuenta los aparatos eléctricos más utilizados dentro de un hogar promedio de Guatemala, la potencia promedio de cada aparato en el mercado nacional y el promedio de horas diarias en las que se encuentra encendido cada aparato. En la tabla II, se determina un consumo energético promedio de 9,623 Kwh diario, para este consumo es necesario un sistema solar fotovoltaico con tal capacidad de generación. Está claro que un sistema solar de esta magnitud resulta muy costoso y por lo tanto de difícil adquisición.

Para objetivos de esta tesis solo se necesitará de un sistema solar con una capacidad del 33 % del consumo energético de las cargas conectadas a la red eléctrica interna. Porcentaje que corresponde a la tercera parte del consumo energético promedio total calculado. Esto debido al resto del sistema domótico con el que cuenta este proyecto, destinado al uso eficiente del consumo eléctrico en diferentes ámbitos del hogar.

La capacidad energética de este sistema solar está dada por la siguiente ecuación:



$$E_R = \frac{E_T * 33}{100} = \frac{9\,623\,Wh * 33}{100} = 3\,175,6\,Wh\,diaria$$

Siendo:

- $E_R$ : energía solar requerida al sistema domótico.
- $E_T$ : energía total necesaria por la red eléctrica interna.

A partir del consumo energético requerido ( $E_R$ ) se calcular el consumo energético real de las cargas ( $E$ ) necesario para hacer frente a los múltiples factores de pérdidas que van a existir en la instalación fotovoltaica, calculada de la siguiente manera:

$$E = \frac{E_R}{R}$$

Donde  $R$  es el parámetro de rendimiento global de la instalación, dado por la siguiente ecuación:

$$R = (1 - k_b - k_c - k_v) * \left(1 - \frac{k_a * N}{P_d}\right)$$

Siendo los factores siguientes:

- $k_b$ : coeficiente de pérdidas por rendimiento del banco de baterías. Con valor de 0,05 en sistemas que no demandan descargas intensas y 0,1 en sistemas con descargas intensas.
- $k_c$ : coeficiente de pérdidas en el convertidor. Con valor 0,05 en convertidores senoidales puros trabajando en estado óptimo y 0,1 en condiciones de trabajo lejos del óptimo.
- $k_v$ : coeficiente de pérdidas varias tales como rendimiento de red, efecto Joule, y otros. Valor entre 0,05 y 0,15 como referencia.

- $k_a$ : coeficiente de auto descarga diaria. Con valor 0,002 para baterías de baja auto descarga, 0,005 para baterías estacionarias y 0,012 para baterías de alta auto descarga.
- $P_d$ : profundidad de descarga diaria del banco de baterías. No excederá del 80 % referida a la capacidad nominal, ya que la eficiencia del banco de baterías decrece en gran medida con ciclos de carga y descarga profundos.
- $N$ : número de días de autonomía de la instalación. Serán los días que la instalación deba operar bajo una irradiación mínima, en los cuales se va a consumir más energía de la que el sistema fotovoltaico va a ser capaz de generar.

Los factores que determinarán el parámetro de rendimiento en este sistema solar fotovoltaico serán los siguientes:

$$k_b = 0,1; k_c = 0,05; k_v = 0,1; k_a = 0,005; P_d = 0,7; N = 4$$

Por lo tanto el rendimiento será:

$$R = (1 - 0,1 - 0,05 - 0,1) * \left(1 - \frac{0,005 * 4}{0,75}\right) = 0,73$$

Y el consumo energético real de las cargas será:

$$E = \frac{Et}{R} = \frac{3\,175,6}{0,73} = 4\,350,14 \text{ Wh diaria}$$

Tabla II. **Potencia de los aparatos eléctricos más comunes en un hogar y su consumo diario y mensual**

Aparato eléctrico	Potencia Eléctrica (W)	Horas de uso (día)	Consumo promedio al día (Kwh)	Consumo promedio mensual (Kwh)
Calentador de ducha	2 400	1,00	2 400	72,00
Horno de microondas	1 420	0,30	426	12,78
Plancha doméstica	1 200	0,60	720	21,60
Horno eléctrico	1 100	0,09	99	2,97
Sandwichera	600	0,14	84	2,52
Licuada	420	0,15	63	1,89
Lavadora	410	0,50	205	6,15
Secadora de ropa	330	0,50	165	4,95
Refrigerador doméstico	250	8,00	2 000	60,00
Minicomponente	190	2,00	380	11,40
Monitor 14" p/computadora	91	5,00	455	13,65
TV normal	90	4,50	405	12,15
Computadora personal	50	8,00	400	12,00
Bombilla 50 w (7 unidades)	350	5,00	1 750	52,50
Reproductor CD/DVD	14	2,00	28	0,84
Reproductor 5 CD	12	1,00	12	0,36
Radio AM/FM	10	3,00	30	0,90
Filtro de agua	7	0,10	1	0,02
<b>Consumo energético total.</b>	<b>8 944</b>		<b>9 623</b>	<b>288 681</b>

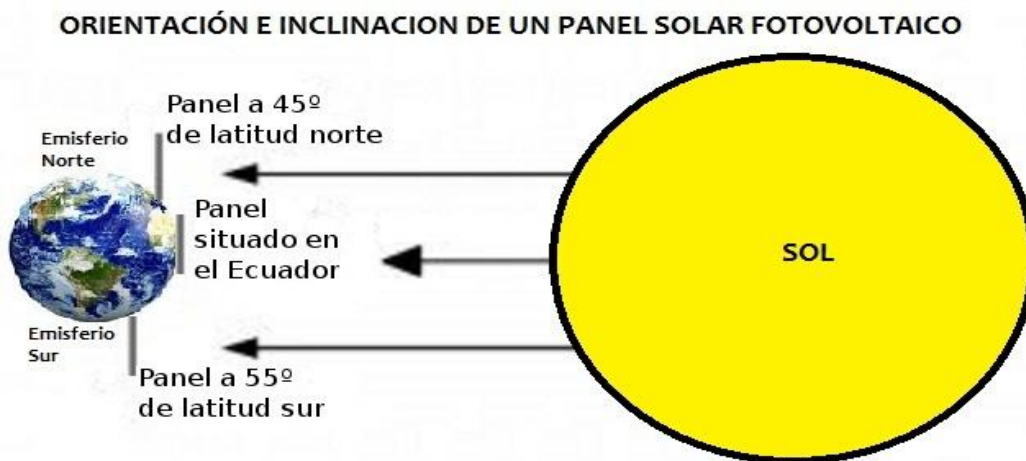
Fuente: BENITEZ, Juan. *Asociación Instituto de Incidencia Ambiental Guatemala – (IIA)*.

Consulta: 5 de noviembre de 2014.

### 3.2.2. Dimensionamiento según condiciones de irradiación en el lugar

Las pautas de instalación de un panel solar fotovoltaico respecto a la orientación e inclinación para captar la mayor cantidad de energía solar, ambas deben procurar que los rayos solares incidan verticalmente y la mayor cantidad de tiempo posible sobre la superficie. Estas pautas determinan que un panel solar situado en el hemisferio norte se debe orientar de cara al sur, y uno situado en el hemisferio sur se debe orientar de cara al norte. También determinan que el grado de inclinación de un panel solar debe ser igual a la latitud de la región donde este se instalará, ya que la inclinación igual a la latitud es una posición promedio, entre la óptima que corresponde al invierno (más cercana a la vertical) y la óptima correspondiente al verano (más cercana a la horizontal), aumentando así el promedio de radiación captada a lo largo de todo un año, vea figura 7.

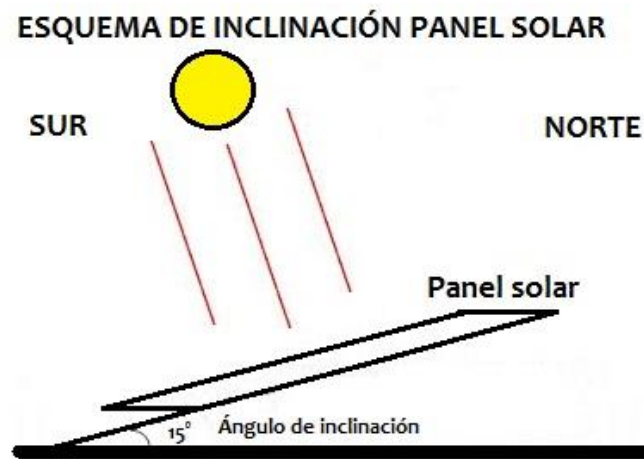
Figura 7. Paneles solares en distintas regiones del planeta



Fuente: elaboración propia, con programa Visio.

Con base en las pautas de instalación descritas arriba, la orientación ha inclinación del sistema solar fotovoltaico deben corresponder a las condiciones geográficas de latitud de cada país. Debido que Guatemala se encuentra en el hemisferio norte, la orientación de los paneles solares debe ser de cara hacia el sur, y siendo la latitud promedio de todo el territorio nacional  $15^\circ$ , grado de inclinación óptimo para los paneles solares. Tomando en cuenta que este sistema de energía solar está diseñado para ser utilizado durante todo el año (ver tabla III), donde se dan los valores de irradiancia media solar que incide por metro cuadrado de superficie horizontal en un día medio de cada mes dependiendo del grado de inclinación del panel solar, siendo el grado de inclinación óptimo de  $15^\circ$ , vea figura 8.

Figura 8. **Inclinación óptima de un panel solar en territorio nacional**



Fuente: elaboración propia, con programa Visio.

Tabla III. **Irradiancia media anual en territorio nacional de una superficie a distintos ángulos de inclinación**

H ( $Kwh/m^2$ )	Gh	Gk-5°	Gk-10°	Gk-15°	Gk-20°	Gk-25°	Gk-30°	Gk-35°	Gk-40°	Gk-45°	Gk-50°
Enero	5,47	5,45	6,06	6,31	6,51	6,68	6,81	6,89	6,93	6,92	6,88
Febrero	6,16	6,16	6,67	6,86	7,01	7,12	7,18	7,19	7,16	7,08	6,96
Marzo	6,19	6,18	6,42	6,48	6,50	6,49	6,43	6,33	6,20	6,02	5,82
Abril	6,98	6,98	6,96	6,88	6,76	6,60	6,40	6,16	5,88	5,57	5,23
Mayo	5,30	5,30	5,12	4,99	4,84	4,65	4,44	4,22	3,98	3,72	3,45
Junio	5,23	5,23	5,01	4,86	4,69	4,49	4,27	4,04	3,79	3,53	3,25
Julio	5,47	5,47	5,24	5,08	4,89	4,68	4,45	4,19	3,92	3,63	3,33
Agosto	5,78	5,78	5,68	5,57	5,44	5,28	5,08	4,86	4,61	4,34	4,05
Septiembre	5,15	5,15	5,23	5,22	5,18	5,11	5,02	4,89	4,74	4,57	4,36
Octubre	4,80	4,79	5,02	5,09	5,14	5,15	5,14	5,09	5,02	4,91	4,78
Noviembre	4,61	4,61	4,99	5,13	5,25	5,34	5,39	5,42	5,41	5,37	5,29
Diciembre	4,85	4,85	5,42	5,65	5,85	6,02	6,15	6,24	6,28	6,29	6,26
Anual	5,50	5,50	5,65	5,68	5,67	5,63	5,56	5,46	5,33	5,16	4,97

Gh: Irradiancia media de la radiación global horizontal.

Gk: Irradiancia media de la radiación global horizontal superficie inclinada.

H: Irradiación solar media ( $Kwh/m^2$ ) al día considerando una pérdida anual del 2 % por sombreado.

Amarillo: Meses de estación seca.

Verde: Meses de estación húmeda.

Fuente: elaboración propia, programa METEONORM, Versión 7.0.

### 3.2.3. Capacidad, características y número de paneles solares

Optimizando las condiciones de irradiación del sistema solar fotovoltaico con las condiciones de la tabla IV, se obtiene una irradiación solar media anual de  $5.68 Kwh/m^2$ , siendo junio el mes más desfavorable con  $4,86 Kwh/m^2$ , el número de paneles solares requeridos está dado por la siguiente ecuación:

$$NP = \frac{E}{0,0009 * P_{mod} * H_{ds}}$$

Siendo:

*NP: número de paneles solares.*

*E: consumo energético real de las cargas.*

*P<sub>mod</sub>: potencia pico de los paneles.*

*H<sub>ds</sub>: irradiación solar media del mes mas desfavorable (junio).*

Donde los valores de consumo energético real de las cargas *E* y la irradiación solar media *H*, ya se han calculado anteriormente, solo queda escoger el tipo y capacidad de los paneles solares a utilizar.

Para este sistema se utilizarán paneles solares con una potencia pico de 100 W, siendo estos los más comercializados y económicos en el mercado nacional. Paneles con las características técnicas de la tabla IV.

Tabla IV. **Características de los paneles solares**

Características	Valor
Marca	ET Solar
Tipo	Monocristalina
Modelo	PVRMC1210036
Potencia pico (W)	100
Eficiencia del panel (%)	15
Eficiencia de la celda (%)	18
Vmax (V)	18.48
Imax (A)	5.41
Tolerancia (%)	+/- 5%
Dimensiones	1205 x 545 x 35 mm
Peso (kg)	8.23
Caja de conexiones a prueba de agua	Si
Tiempo de vida al 90%	20 años.

Fuente: ESCALANTE, Manuel. *Paneles solares*. <http://www.solar-kit.com/Panel-solar-100-vatios>. Consulta: 3 de noviembre de 2014.

Con todos los datos necesarios se evalúa la ecuación que dará la cantidad de paneles necesarios para este sistema solar fotovoltaico:

$$NP = \frac{4\,350,14\,Wh}{0,9 * 100W_p * 4\,860\,Wh} = 9,94 \approx 10\,paneles$$

Ecuación que da como resultado la necesidad de utilizar 10 paneles solares con capacidad de 100  $W_p$ , conectados de forma paralela entre ellos, y se obtendrá un generador fotovoltaico con una potencia de:



$$P_G = NP * P_{mod} = 10 * 100 W = 1\ 000\ Watts$$

#### 3.2.4. Capacidad y características del banco de baterías

Una vez definido el consumo energético real  $E$  (Wh diaria) se puede obtener fácilmente la capacidad del banco de baterías  $C$  (Ah) necesario, del siguiente modo:

$$C = \frac{E * N}{V * P_d} = \frac{4350,14 * 4}{12 * 0,75} = 1\ 933,40\ Ah$$

Siendo  $V$  la tensión en voltios y  $N$  número de días.

Para obtener este banco de baterías se usarán 4 baterías de modelo comercial de 12 voltios con capacidad para 500 Ah conectadas en paralelo. Ver características en la tabla V.

Tabla V. **Características de las baterías**

Características	Valor
Marca	<i>Howell Oem.</i>
Tipo	lifepo4
Modelo	Hw-lfp12v500Ah-1
Dimensión	240*216*522 mm
Tensión	12 V
Capacidad	500 Ah
Impedancia	< 250 $\Omega$
Descarga del voltaje de corte	8.0 V
Máximo voltaje de carga	14.6 V
Estándar de la corriente de carga	0.5 C
Max corriente de trabajo	2 C
Peso	< 56 Kg
Temperatura de trabajo	De carga: 0-60 °C
	De descarga: -20 a 55 °C
Temperatura de almacenamiento	De - 20 a 55 °C
Ciclo de Vida	2000 ciclos de vida arriba del 80 % de capacidad bajo temperatura normal

Fuente: ESCALANTE, Manuel. *Paneles solares*. <http://spanish.alibaba.com/product-gs/12v-500ah-battery-deep.html>. Consulta: 5 de noviembre de 2014.

### 3.2.5. **Capacidad y características del controlador de carga**

Para cargar y descargar las baterías de forma controlada se necesita un controlador de carga, conectado entre los paneles solares, las baterías y la carga. Controlador encargado de regular la carga para evitar que las baterías se sobrecarguen o descarguen demasiado, alargando con esto su ciclo de vida.

La corriente máxima de entrada del controlador de carga debe ser mayor que la corriente máxima del panel solar y la corriente de la carga. Para calcular la corriente del controlador de carga necesario se utiliza la siguiente ecuación:

$$I_{c_{max}} = I_{p_{max}} * NP$$

Siendo:

$I_{c_{max}}$ : Corriente máxima del controlador

$I_{p_{max}}$ : Corriente máxima del panel solar

$NP$ : Número de paneles solares.

Dando como resultado una corriente máxima del controlador de carga de:

$$I_{c_{max}} = 5,41 A * 10 = 54,1 \text{ Amperios}$$

Este sistema fotovoltaico utiliza un controlador de carga marca Samia Solar de 60 A, para instalaciones de 12v/24v, ver características en la tabla VI.

Tabla VI. **Características del controlador de cargas**

Características	Valor
Marca	<i>Damia Solar</i>
Modelo	PWM DA0169
Modo de carga	PWM
Dimensión	90 x 188 x 48 mm.
Vmax (V)	50
Imax (A)	60
Peso	760 gramos
Temperatura de trabajo	-30 °C a +70 °C
Baja tensión de desconexión (LVD)	10,7V/21,4V.
Baja tensión de reconexión (LVR)	12,56V/25,0V.

Fuente: ESCALANTE, Manuel. *Paneles solares*. [http://www.damiasolar.com/regulador-60a\\_da0169.html](http://www.damiasolar.com/regulador-60a_da0169.html). Consulta: 7 de noviembre de 2014.

Los cambios del voltaje del panel FV debido a cambios de temperatura son siempre compensadas. De esta forma se asegura la carga completa de la batería y una vida útil máxima.

### **3.2.6. Capacidad y características de inversor**

Este sistema solar utilizará un inversor de voltaje de entrada de 12 V DC y un voltaje de salida de 110 C AC, con una frecuencia de 60 Hz, utilizado en el sistema solar de manera que esté conectado a la red eléctrica.

La potencia máxima del inversor debe ser mayor que la potencia simultanea máxima demandada por las cargas. La tabla VII demuestra una potencia máxima demandada por la red eléctrica interna de 8 944 W, debido a que es un sistema conectado a la red eléctrica nacional, solo se utilizará una potencia del 33 % del total de la demanda simultanea máxima.

$$Pi_{max} = \frac{Ps_{max} * 33}{100} = \frac{8,944 * 33}{100} = 2,952 \text{ Watts}$$

Siendo:

$Pi_{max}$ : Potencia inversor máxima

$Ps_{max}$ : Potencia simultanea máxima

Por lo que se utilizará un inversor con capacidad de 3 000 W continuos y 5 000 W pico, ver características en la tabla VII.

Tabla VII. **Características del inversor**

Características	Valor
Marca	AIMS
Voltaje de entrada (V DC)	10 a 15
Voltaje de salida (V AC)	120
Frecuencia (Hertz)	60
Potencia máxima continua (W)	3,000
Potencia pico (W)	6,000
Alarma de batería de baja tensión (V)	10.5 ± 05
Eficiencia	85-90%
AC amperios	25
DC amperios	250
Dimensión	19,5 x 7 x 6,5 mm
Peso (Kg)	8.17
Temperatura de trabajo °C	0 a 60

Fuente: ESCALANTE, Manuel. *Paneles solares*. <http://www.atbatt.com/aims-3000-watt-power-inverter-gfci-etl-certified.asp>. Consulta: 3 de noviembre de 2014.

- Atención: para encender los motores eléctricos (bombas, compresores, refrigeradores) la potencia máxima del motor es hasta 6 veces mayor que el valor nominal de potencia de operación.

### 3.2.7. **Capacidad y características del medidor eléctrico bidireccional**

Determinar la capacidad, características e instalación del contador eléctrico bidireccional con que contará este sistema solar, estará a cargo de la empresa distribuidora de energía eléctrica, según artículo 39 de resolución CNEE No. 227 2014. Esta resolución se verá a detalle en la sección 3,5.

### 3.2.8. Cableado de interconexión

Es parte fundamental para el transporte de la energía eléctrica entre los diferentes componentes del sistema fotovoltaico. Deben estar cuidadosamente calculados e instalados, cumpliendo con el reglamento técnico de baja tensión, tener el grado de protección IP.535 de la norma UNE 20-234, logrando con esto que el sistema funcione de la mejor manera posible, minimizando riesgos e incidentes y maximizando la eficiencia, durabilidad y fiabilidad de todo el sistema solar.

Debido que el voltaje de este sistema fotovoltaico es de 12 v, la corriente que fluye a través ellos es mucho más alta que la corriente de los sistemas AC de 110 o 220 V. Los cables de interconexión entre los paneles solares, el controlador, el banco de baterías y el inversor tienen una tensión de 12 v DC, por lo tanto deben ser de calibre mayor que los de 110 V AC.

La cantidad de potencia en cualquier equipo está dada por la siguiente ecuación:

$$P = V * I$$

Siendo:

$V = \text{tensión en voltios (V)}$

$I = \text{corriente en amperios (A)}$

Despejando  $I$  de la ecuación anterior se obtiene una ecuación para la corriente:

$$I = \frac{P}{V}$$

Ecuación para deducir la corriente de las interconexiones existentes entre los elementos de este sistema fotovoltaico. Valor que será útil para seleccionar el tipo y calibre del cable eléctrico, ya que el diámetro de este debe ser directamente proporcional a la cantidad de corriente máxima que circula por cada una de ellas, evitando así calentamiento y minimizando el efecto Joule. Se calculará de la siguiente manera:

Interconexión A: La corriente del cable de interconexión entre el generador fotovoltaico y el controlador de carga será:

$$I = \frac{P_G}{V_{max\ panel}} = \frac{1\ 000W}{18,48\ v} = 55\ A$$

Interconexión B: La corriente del cable de interconexión entre el controlador de cargas y el banco de baterías será:

$$I = \frac{P_B}{V_{max\ batería}} = \frac{2\ 000W}{15\ v} = 134\ A$$

Interconexión C: La corriente del cable de interconexión entre el controlador de cargas y el inversor será:

$$I = \frac{P_{i_{max}}}{V_{max\ batería}} = \frac{3\ 000\ W}{15\ v} = 200\ A$$

Interconexión D: La corriente del cable de interconexión entre el inversor y las cargas de la red interna será de:

$$I = \frac{P_{i_{max}}}{V_{rms}} = \frac{3\ 000\ W}{110\ v} = 27,27\ A$$

Tabla VIII. **Característica de conductores**

Codigo AWG	Diametro del conductor (mm)	Ohmios por kilometro	Amperaje maximo para distancias cortas	Amperaje maximo para distancias largas
OOOO	11.684	0.16072	380	302
OOO	10.40384	0.202704	328	239
OO	9.26592	0.255512	283	190
0	8.25246	0.322424	245	150
1	7.34822	0.406392	211	119
2	6.54304	0.512664	181	94
3	5.82676	0.64616	158	75
4	5.18922	0.81508	135	60
5	4.62026	1.027624	118	47
6	4.1148	1.295928	101	37
7	3.66522	1.634096	89	30
8	3.2639	2.060496	73	24
9	2.90576	2.598088	64	19
10	2.58826	3.276392	55	15
11	2.30378	4.1328	47	12
12	2.05232	5.20864	41	9.3
13	1.8288	6.56984	35	7.4
14	1.62814	8.282	32	5.9
15	1.45034	10.44352	28	4.7
16	1.29032	13.17248	22	3.7
17	1.15062	16.60992	19	2.9
18	1.02362	20.9428	16	2.3
19	0.91186	26.40728	14	1.8
20	0.8128	33.292	11	1.5
21	0.7239	41.984	9	1.2
22	0.64516	52.9392	7	0.92
23	0.57404	66.7808	4.7	0.729
24	0.51054	84.1976	3.5	0.577
25	0.45466	106.1736	2.7	0.457
26	0.40386	133.8568	2.2	0.361
27	0.36068	168.8216	1.7	0.288
28	0.32004	212.872	1.4	0.226
29	0.28702	268.4024	1.2	0.182
30	0.254	338.496	0.86	0.142
31	0.22606	426.728	0.7	0.113
32	0.2032	538.248	0.53	0.091

Fuente: DEL AGUILA, Ramón. *Apuntes sobre conductores*. <http://asterion.almadark.com/wp-content/uploads/2010/05/awgamp.jpg>. Consulta: 7 de noviembre de 2014.



Con los valores de corriente que circula en cada cable de interconexión, y la tabla característica de conductores (ver tabla VIII), se determina el calibre de cada cable de interconexión para distancias cortas.

Interconexión A: calibre 10: 2,59 mm de diámetro.

Interconexión B: calibre 4: 5,19 mm de diámetro.

Interconexión C: calibre 1: 7,35 mm de diámetro.

Interconexión D: calibre 12: 2,05 mm de diámetro.

### **3.2.9. Protección de sobrecorrientes, contra rayos y puesta a tierra**

Este sistema solar contará con interruptores magnetoeléctricos, para protegerlo contra sobrecorrientes y cortocircuitos en interconexión de voltaje DC y AC. La capacidad máxima de cada interruptor magnetoeléctrico dependerá de la corriente máxima ( $I_{max}$ ) en amperios (A), que circule en cada interconexión, corrientes que ya fueron determinadas anteriormente.

La capacidad de cada interruptor queda de la siguiente manera:

- Interruptor magnetoeléctrico en DC (interconexión A): **55 A**
- Interruptor magnetoeléctrico en AC (interconexión D): **30 A**

La protección contra rayos y puesta a tierra de este sistema fotovoltaico interconectado, se hará de forma que no altere las condiciones de puesta a tierra de la empresa distribuidora, esto para que no se produzcan transferencias

de efectos a la red de distribución. Para ello se realizarán las siguientes instalaciones:

- Se instalará sistema de tierra física en caso de que la casa no cuente con un sistema de protección de este tipo.
- La estructura de soporte de los módulos se conectarán a tierra física.
- Los marcos de los módulos irán a la red de tierra física.
- Se instalarán antenas captadoras de rayos según la legislación vigente, la distancia de seguridad entre generador y antena debe ser de 0,5 a 1 m. Las cuales irán conectadas a la tierra física.

### **3.3. Cálculos justificativos del sistema solar fotovoltaico**

Todo proyecto que conlleve un esfuerzo intelectual, inversión económica y tiempo de ejecución deberá tener resultados cuantificables que justifiquen los recursos utilizados, y este sistema solar fotovoltaico no es la excepción, por lo que se procederá a cuantificar sus resultados reales que justifiquen esta inversión.

#### **3.3.1. Producción energética del sistema solar fotovoltaico**

La energía producida por este sistema solar fotovoltaico es su principal factor de mérito y el objetivo final, por lo que se cuantificará la energía producida, la cual debe justificar el por qué de su existencia. Sin embargo, resulta imposible dar una cifra global de la generación energética que este produzca, ya que la generación depende de la insolación disponible, temperatura y otras particularidades geográficas de su ubicación.

Puesto que la inversión económica de este sistema solar está determinada por su potencia pico, se debe medir y calcular su productividad para determinar si es rentable, es decir, si la energía producida durante un año esté por encima de la esperada, logrando con esto superar la inversión en no más de 10 años.

Para ello se calculará la producción energética durante un año calendario, utilizando los datos de irradiación solar durante ese mismo periodo (tabla IX), a partir de la siguiente ecuación de producción de energía diaria:

$$E = \frac{0,9 * P_G * H_s}{1\ 000} \quad , \quad E_c = E_G * R \quad \text{y} \quad F_U = \frac{E_G}{E_c}$$

Valuando esta ecuación para todos los meses del año se obtiene como resultado la siguiente tabla de energía generada por los paneles solares, como la energía real consumida por las cargas, considerando el parámetro de rendimiento global del sistema  $R = 0,73$ .

Tabla IX. **Producción y consumo de energética anual**

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año
H (KWH/m2)	6,31	6,86	6,48	6,88	4,99	4,86	5,08	5,57	5,22	5,09	5,13	5,65	-----
Eg(KWH)	5,68	6,17	5,83	6,19	4,49	4,37	4,57	5,01	4,70	4,58	4,62	5,09	1 862,15
Ec(KWH)	4,15	4,51	4,26	4,52	3,28	3,19	3,34	3,66	3,43	3,34	3,37	3,71	1 359,37
Factor Útil.	1,31	1,42	1,34	1,42	1,03	1,01	1,05	1,15	1,08	1,05	1,06	1,17	1,17

Fuente: elaboración propia.

La energía producida al año:  $E_G = 1\ 862,15\ Kwh$ .

La energía consumida al año:  $E_c = 1\ 359,37\ Kwh$ .

Factor de utilización anual de:  $F_U = 1,17$

Observaciones:

- Se observa que para junio, el factor de utilización es uno, mes en el cual se ha realizado el cálculo.
- Para el resto de meses este sistema solar está sobredimensionado.
- Si se cuenta con un presupuesto económico vasto se aumenta la cantidad de paneles solares, logrando generar aún más energía.
- Conviene fijar la inclinación para el mes más desfavorable.
- Con un precio de 1 578 el Q/Kwh (Fuente: CNEE), se genera un ahorro aproximado de:

$$\text{Ahorro} = \text{Precio} * E_c = 1,758 * 1\,348,06 = 2\,369,88 \text{ quetzales al año}$$

### **3.4. Mantenimiento del sistema solar**

Debido a que este sistema solar está conectado a la red, además de tener soporte de baterías, necesita rutinas de mantenimiento que ayuden a optimizar el funcionamiento y detectar posibles fallas en el sistema.

#### **3.4.1. Paro del sistema solar por mantenimiento**

El mantenimiento de una instalación solar fotovoltaica es escaso. Este se reduce prácticamente a la limpieza de los módulos, revisión de sobrecalentamiento de todos los elementos, supervisión de las conexiones y de los elementos de protección. En algunas situaciones puede necesitarse la

desconexión de la red por lo que pueden producirse pequeñas pérdidas. Para garantizar una alta productividad de la instalación es esencial reducir los periodos de paro del sistema causado por una avería o un mal funcionamiento. Por esta razón es necesaria una buena supervisión del sistema por parte del usuario.

### **3.4.2. Operaciones comunes de mantenimiento**

Para garantizar la eficiencia de los módulos, estos se deben limpiar por lo menos una vez al año. Pero las operaciones comunes de mantenimiento mensuales de sistema solar son:

- Inspección visual de los módulos, para comprobar roturas de vidrio, penetración de humedad en el interior del módulo y fallos de interconexión.
- Medición de voltajes y corrientes en el controlador de cargas, verificando el buen funcionamiento.
- Revisión de sobrecalentamiento y superficie de las baterías.
- Vigilancia del inversor (leds, indicadores de estado y alarmas) en diferentes condiciones de irradiación solar, ya que este equipo es uno de los equipos menos fiables del sistema.
- Comprobación de los elementos de protección eléctrica para la seguridad personal y el funcionamiento de la instalación.

En general se revisarán todos los equipos, cableados, conexiones y estructuras de soporte. El objetivo primordial del mantenimiento es prolongar la vida útil del sistema, asegurando además el funcionamiento y productividad de la instalación, para garantizar la retribución económica de la producción.

### **3.5. Legislación vigente para sistemas solares en Guatemala**

Uno de los factores que caracterizan el sector energético son los continuos cambios regulatorios a nivel legislativo, por lo que se debe estar atento a la evolución, ya que en el futuro afectará la instalación del sistema solar. A continuación se revisará de manera resumida la legislación vigente en Guatemala para el sector económico, en especial para la generación energética inyectada a la red eléctrica nacional, conforme a lo estipulado por la CNEE.

- Resolución CNEE-227-2014

Para los objetivos de la investigación se realizará un resumen de la resolución CNEE-227-2014, con las secciones más importantes que conllevan la conexión de un sistema solar conectado a la red, como es el caso de este sistema solar.

La resolución CNEE-227-2014, aprobada desde el 2008 (Resolución CNEE-171-2008), con título “Norma técnica de generación distribuida renovable y usuarios autoprodutores con excedentes de energía” referente a los sistemas generadores renovables conectados a la red eléctrica nacional fue autorizada el 25 de agosto, publicada en el Diario de Centro América el 4 de septiembre y entró en vigencia el 5 de septiembre del año 2014.

De conformidad con lo estipulado por la Ley General de Electricidad, le corresponde al CNEE emitir las normas técnicas relativas al subsector eléctrico y fiscalizar su cumplimiento. El CNEE basándose el artículo 16 de esta Ley establece que los distribuidores están obligados a permitir la conexión a sus instalaciones y efectuar las modificaciones o ampliaciones necesarias para permitir el funcionamiento del Generador Distribuido Renovable (GDR), el

CNEE autorizó la resolución CNEE-227-2014. Asimismo, el referido artículo dispone que la comisión evalúe la pertinencia del alcance de las modificaciones y de las ampliaciones de las instalaciones de los distribuidores para la conexión del Generador Distribuido Renovable, así como su respectivo costo y los beneficios por la mejora en la calidad del servicio de distribución y por la reducción de pérdidas.

La resolución CNEE-227-2014 establece lo siguiente:

Según los artículos 3 y 4, el objeto de esta Norma es establecer las disposiciones que deben cumplir los distribuidores, los generadores distribuidos renovables y usuarios autoprodutores con excedentes de energía, para la conexión, operación, control y comercialización de energía eléctrica producida con fuentes renovables. Norma que es de aplicación obligatoria para:

- Distribuidores
- Generadores distribuidos renovables (GDR)
- Usuarios autoprodutores con excedentes de energía (UAEE)

Con un sistema solar fotovoltaico cualquier persona participa como usuario autoprodutor con excedentes de energía, para lo cual esta normativa hace referencia en su capítulo cuatro “Autorización y medición neta de energía eléctrica de usuarios con excedentes de energía en el punto de consumo”.

De acuerdo con el artículo 36, los usuarios autoprodutores que cuenten, dentro de sus instalaciones de consumo, con excedentes de energía renovable para inyectarla al sistema de distribución, pero que manifiesten expresamente que no desean participar como vendedores de energía eléctrica, deberán informar al distribuidor involucrado de tal situación, por medio del formulario

correspondiente (vea apéndice). Cumplido este requisito, los usuarios podrán operar en esta modalidad sin necesidad de autorización alguna; sin embargo, deberán instalar los medios de protección, control y desconexión automática apropiados que garanticen que no podrán inyectar energía eléctrica al sistema de distribución ante fallas del sistema generador, o cuando el voltaje de la red de distribución se encuentre fuera de las tolerancias establecidas en las NTSD.

El artículo 37 establece que el distribuidor luego de recibir la notificación por parte del interesado, tendrá un plazo de 15 días para realizar una inspección técnica de las instalaciones del UAEE con el objetivo de verificar que cumple con lo requerido en esta Norma. Si los resultados de la inspección son positivos, el distribuidor emitirá una constancia al interesado donde conste que las instalaciones han sido revisadas, y procederá a la instalación del medidor correspondiente cuando corresponda, en un plazo no mayor a 28 días de recibida la notificación por parte del interesado.

De conformidad con el artículo 39, el sistema de medición de energía eléctrica de las instalaciones de un UAEE, deberá tener la característica de medición, registro y lectura en forma bidireccional. En el caso de usuarios regulados, el suministro e instalación del medidor respectivo lo cubrirá el distribuidor; mientras que los grandes usuarios son responsables de su sistema de medición.

Como último punto establecido en el artículo 40, los UAEE no recibirán ningún tipo de pago por la energía eléctrica inyectada al sistema de distribución. Para efectos de la facturación mensual del usuario, el distribuidor leerá cada mes los registros del medidor correspondiente; si la medición neta del mes corresponde a un consumo de energía cobrará dicho consumo al usuario, de conformidad con la tarifa que le corresponda; por el contrario, si la medición



neta corresponde a una inyección de energía, del usuario hacia el sistema de distribución, el distribuidor se la reconocerá como crédito de energía a favor del usuario hasta que dicho crédito sea agotado contra el consumo del UAEE. Todos los cargos deben ser detallados en la factura.

Normativa que deben cumplir los UAEE.

- Constitución Política de la República de Guatemala.
- Ley General de Electricidad (Decreto No. 93-96).
- Reglamento de la Ley General de Electricidad (Acuerdo Gubernativo No. 256-97 y sus reformas).
- Norma Técnica de Generación Distribuida Renovable y Usuarios Autoprodutores con Excedentes de Energía (NTGDR, Resolución CNEE-227-2014).
- Normas Técnicas del Servicio de Distribución (NTSD, Resolución CNEE-09-99).
- Normas de acometidas de EEGSA (Resolución CNEE-61-2004).
- Otras resoluciones afines de la CNEE.

### **3.6. Lista de componentes y presupuesto del proyecto solar fotovoltaico**

En la tabla X se detallan los precios de los dispositivos necesarios para la realización del proyecto propuesto en este capítulo.

Tabla X. **Presupuesto del proyecto solar fotovoltaico**

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción de dispositivos.</b>	<b>P/U (Q)</b>	<b>Precio (Q)</b>
10	Paneles solares fotovoltaicos de 100 W.	1 014,00	10 140,00
4	Baterías de ciclo profundo de 500 Ah	5 037,00	20 148,00
1	Controlador de cargas de 60 A	1210,00	1210,00
1	Inversor de 3 000 W.	2007,00	2007,00
1	Interruptor magnetoeléctricos de 55 A	45,00	45,00
1	Interruptor magnetoeléctricos de 30 A	45,00	45,00
25	Metros de cable calibre 10	3,00	75,00
2	Metros de cable calibre 4	22,60	45,20
2	Metros de cable calibre 1	32,50	65,00
2	Metros de cable calibre 12	2,85	5,70
	Gastos extras	150,00	150,00
	<b>TOTAL</b>		<b>33 935,90</b>

Fuente: elaboración propia.

## **4. DISEÑO DE UN SISTEMA DOMÓTICO APLICADO A LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN FUENTES LUMINOSAS**

Otra de las formas de reducir el consumo y valor de la factura de energía eléctrica en un hogar es el ahorro en sistemas de iluminación. Para aplicar un sistema domótico al ahorro energético en iluminación, se deben conocer conceptos y fundamentos necesarios a tomar en cuenta para lograr un beneficio en todos los ámbitos posibles, adaptando con esto todo el sistema al estilo de vida cotidiano, sin afectar comodidad y estética.

### **4.1. Conceptos y fundamentos de Iluminación y visión**

La Asociación Internacional de Ergonomía define a la iluminación y visión como una disciplina científica concerniente con el estudio de las interacciones entre los humanos y otros elementos de un sistema.

#### **4.1.1. Introducción**

La iluminación juega un papel muy importante en la vida cotidiana de toda persona, ya sea en una oficina, una fábrica, una bodega o en el hogar, una buena iluminación ayuda a sus habitantes a tener un mejor desempeño, mayor eficiencia, comodidad y seguridad. En un lugar de trabajo se crean ambientes atractivos y dinámicos, y en los hogares no solo ayuda en las tareas diarias, sino que crea atmósferas cálidas y agradables para quienes habitan en ellos.

La pregunta que a responder con los siguientes conceptos y fundamentos es ¿Qué se espera lograr a través de una buena iluminación?

Antes de empezar con los fundamentos se describirán los siguientes conceptos:

- Lámpara o bombilla: utensilio o aparato que proporciona luz artificial.
- Luminaria: conjunto de lámparas sobre un soporte básico.
- Vida media: valor medio de la vida de cada bombilla de las sometidas a un ensayo de vida. La vida de una bombilla se expresa generalmente en horas.
- Factor de utilización: es el flujo luminoso entregado por la luminaria y que incide sobre el plano del trabajo donde se realiza la tarea visual.
- Flujo luminoso: energía radiada por una fuente luminosa en la unidad de tiempo. Su unidad es el lumen (lm).
- Flujo luminoso asignado: valor del flujo luminoso inicial declarado por el fabricante o vendedor responsable. Su unidad de medida es el lumen (lm).
- Eficiencia luminosa de una fuente: relación entre el flujo luminoso total emitido y la potencia total absorbida por la misma, lumen/watt (lm/W).
- Nivel de iluminación: Cantidad de Iluminación que recibe el plano de trabajo medida en lux.

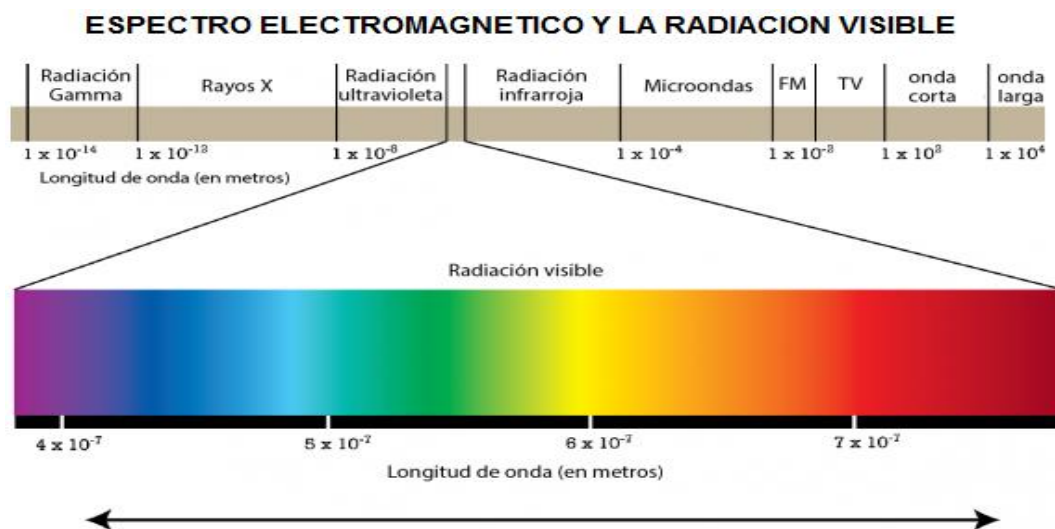
#### **4.1.2. Naturaleza de la luz y su espectro electromagnético**

La luz se emite por su fuente en línea recta, y se difunde en una superficie cada vez mayor a medida que avanza, disminuyendo por unidad de área según el cuadrado de la distancia. Cuando la luz incide sobre un objeto es absorbida o reflejada; la luz reflejada por una superficie rugosa se difunde en todas direcciones. Algunas frecuencias se reflejan más que otras, y esto da a los objetos su color característico. Las superficies blancas difunden por igual todas las longitudes de onda, y las superficies negras absorben casi toda la luz. La

definición de la naturaleza de la luz siempre ha sido un problema fundamental de la física.

Describir la luz como una onda electromagnética es tan solo una manera de ver la radiación y explicar algunas de sus propiedades, tales como la reflexión y la refracción, ya que también puede describirse con base en la teoría cuántica. La luz físicamente es una radiación electromagnética capaz de propagarse en un movimiento ondulatorio transversal a una velocidad de 300 000 km/s. La luz visible solo es una fracción del espectro electromagnético, vea figura 10.

Figura 9. **Espectro electromagnético**



Fuente: FRENZEL, Louis. *Espectro del sol y del cometa*.

<http://www.pion.cz/es/article/?catID=33>, Consulta: 4 de diciembre de 2014.

#### **4.1.3. Características de la visión del ojo humano**

La visión es la percepción que tiene el sentido de la vista (ojo), a la energía radiante ya sea natural o artificial. La visión es producida por la acción coordinada del ojo y la energía radiante, es decir, la visión se logra cuando las ondas de luz con cierta longitud de onda son perceptibles al ojo, que en combinación con el cerebro la transforman en visión.

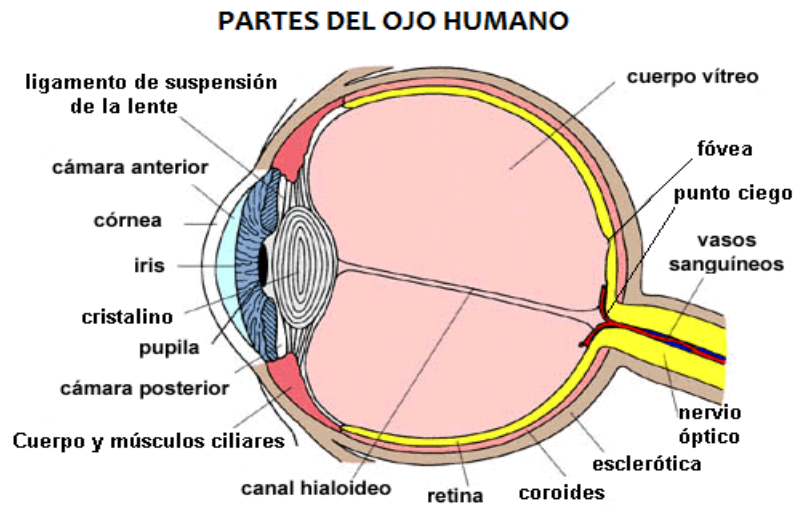
##### **4.1.3.1. El ojo humano y la visión**

EL ojo humano tiene la facilidad extraordinaria de adaptarse a diversas condiciones visuales, ejecutando cambios automáticos continuos necesarios para tener una buena visión.

El ojo humano está formado por una gran cantidad de partes (vea figura 11), las cuales están relacionadas directas o indirectas para lograr el efecto de visión. Estas partes se ven afectadas al estar expuestas a niveles de iluminación inadecuados, generando así pérdida continua de visión. Para evitar daño en la visión, la iluminación debe ser uno de los principales factores del medio ambiente en el hogar.

Como se mencionó antes, las partes del ojo se ven afectadas cuando la cantidad y características de la luz no se encuentran en las condiciones adecuadas, es por ello la gran importancia que tiene el estudio de la iluminación y los efectos que causa. Basándose en este estudio se diseñará este sistema domótico enfocado a la eficiencia energética en sistemas de iluminación.

Figura 10. **Partes del ojo humano**



Fuente: FRANZEL, Louis. *Espectro del sol y del cometa*.

<http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/FISICA/document/fisicaInteractiva/OptGeometrica/Instrumentos/ollo/imaxe/anatomiaOlo.gif>. Consulta: 3 de octubre de 2014

#### **4.1.3.2. Características de la percepción visual del ojo humano**

La visión es un fenómeno muy amplio en el que intervienen gran cantidad de factores, los cuales se dividen en factores fisiológicos y factores sicofisiológicos.

En el campo de la percepción visual, directamente relacionada con los factores sicofisiológicos, existen fenómenos muy complejos. Algunos todavía no explicados, como la formación de colores a partir de la rotación de segmentos grises sobre fondo blanco, y otros fenómenos que abarcan desde las ilusiones ópticas y paradojas visuales, hasta aspectos subliminales de la percepción.

Pero son los factores fisiológicos de la visión los que tienen más importancia en relación con la iluminación, es por ello se tratan detalladamente en los siguientes fundamentos:

- La acomodación visual: implica en la visión de cerca y de lejos. Es la capacidad que tiene el ojo para enfocar los objetos a diferentes distancias. La necesidad de distintos planos a diferentes distancias está íntimamente relacionada con la comodidad muscular y postural (relajación de los músculos ciliares, cervicales, y otros.), y el tiempo necesario para realizar la acomodación visual sería sensiblemente con la edad de las personas entre otros factores.
- La adaptación visual: es el proceso por el cual el ojo humano se adapta a distintos niveles de luminosidad. En este proceso interviene el iris, que actúa simplemente al diafragma de las cámaras fotográficas que regulan la entrada de luz, aunque lógicamente las variaciones del tamaño de la pupila no son las responsables únicas de la capacidad del ojo de adaptarse al espectro de luminosidad que este es capaz de captar. De hecho, la intensidad mayor de luz que se ve sin dolor es aproximadamente de un millón de billones de veces más intensas que la luz visible más débil. Pero lo más significativo, quizás sea el que la adaptación de niveles de luz bajos a niveles elevados, se realiza relativamente en poco tiempo, en comparación con el que se requiere cuando se pasa de niveles elevados a niveles bajos de iluminación. Es por eso que la adaptación en una sala de cines cuando se procese del exterior puede durar del orden de 30 minutos, mientras que para lo contrario con un minuto es suficiente.



- El campo visual: se extiende aproximadamente a unos 180 grados en el plano horizontal y unos 130 grados en el vertical.

#### **4.1.3.3. Factores objetivos en el proceso visual**

Existen ciertos factores en el proceso visual llamados factores objetivos, mutuamente relacionados entre sí y con cierta reserva ya que alguna deficiencia en alguno de ellos puede ser resuelta por un ajuste de otro u otros de los restantes. En la mayoría de los casos el tamaño es un factor fijo del trabajo visual, pero el brillo, el contraste y el tiempo son susceptibles de algún grado de modificación. Estos factores son:

- El tamaño: es el factor más aceptable en el proceso visual, pues cuando mayor es el objeto en función del ángulo visual, más rápidamente podrá ser visto.
- La agudeza visual: proceso mediante el cual los detalles más pequeños pueden ser percibidos visualmente con el aumento de la iluminación. Se entiende por tamaño visual de un objeto o de un detalle discriminante, el ángulo visual, bajo el cual se percibe dicho objeto; la proximidad o lejanía del mismo determinará su tamaño visual, aunque mantenga constantes sus dimensiones físicas. La agudeza visual es otro de los factores que varían significativamente con la edad.
- Brillo: primordial para la visibilidad, depende de la intensidad de luz que incide sobre el objeto y la proporción de esta luz reflejada en dirección del ojo. Cuanto más oscuro sea el objeto o trabajo visual, mayor será la iluminación necesaria para obtener el mismo brillo, y en circunstancias similares para obtener una visibilidad igual.

- **Tiempo:** El proceso visual no se efectúa instantáneamente, sino que requiere de tiempo para realizarse. El ojo puede ver detalles minúsculos bajo niveles bajos de iluminación si se le da tiempo suficiente y si se prescinde de la fatiga visual, pero se requiere de más luz para una visión rápida. Factor de vital importancia si el objeto visual esta en movimiento, y los niveles de iluminación hacen que los objetos en movimiento parezcan moverse más despacio, aumentando notablemente su visibilidad.
- **Contraste:** relación de brillo y color entre el objeto visual y su fondo inmediato. Los altos niveles de iluminación compensan en parte contrastes escasos de brillo y son de gran ayuda donde las condiciones de bajo contraste no pueden ser evitadas.

Todas las características y factores de la visión humana hacen necesario tener un nivel de luminosidad adecuada en un hogar. Necesidad que se tomará en cuenta para el diseño de esta parte del sistema domótico, enfocado a la eficiencia energética en sistemas de iluminación, por considerar no solo en el factor económico, sino también la comodidad, seguridad y salud.

#### **4.1.4. Eficiencia y condiciones óptimas de iluminación en un hogar**

Ante todo tener presente que iluminar un centro comercial, un supermercado, una oficina o un hogar no es lo mismo, cada uno requiere distinto tipo de iluminación, pero todos tienen un común, el nivel óptimo de iluminación que el lugar debe tener. La iluminación juega un papel muy importante en los factores psicológicos y la calidad de vida de las personas, es

por ello que la iluminación debe ser esencialmente homogénea, agradable y que cause una mejor impresión del recinto.

Estudios asocian la buena iluminación de los hogares con una buena salud psicológica y una mejor sensación de bienestar. En esta sección se estudiará la iluminación en interiores, casas de habitación que no requieren de una alta eficiencia pero si una buena iluminación.

Para lograr una óptima iluminación se deben tomar en cuenta los siguientes requisitos:

- La iluminación debe ser apropiada al lugar.
- La luz debe estar correctamente distribuida, dirigida y difundida de manera homogénea.
- Deben evitarse todos los contrastes de luz.
- El deslumbramiento debe ser reducido al mínimo (cómoda y agradable).
- Ausencia de pestañeos y el logro de la estabilidad de la luz.

Además la búsqueda de la eficiencia en iluminación debe ser necesidad y obligación de todos, objetivo que se logra tomando en cuenta los siguientes conceptos:

- Capacidad para aprovechar la iluminación natural
- Color del lugar a iluminar
- Diseño arquitectónico y de interiorismo
- Nivel de iluminancia media requerida (lux)
- Valor de eficiencia energética de la luminaria (W/m<sup>2</sup>-lux)
- Sistemas de regulación y control

Al tomar en cuenta los requisitos y conceptos anteriores se lograr una iluminación más eficiente y con óptimas condiciones. A continuación se estudiarán los aspectos más importantes y determinantes para lograr tal objetivo, aspectos que en este proyecto deben ser los adecuados para un hogar.

#### **4.1.4.1. Capacidad para aprovechar la luz natural**

Es un hecho, a la hora de iluminar una tarea visual, el ser humano prefiere la luz natural a la luz artificial, esto debido a que la luz del sol tiene un perfecto rendimiento de los colores y aporta elementos muy proactivos en el comportamiento de las personas. A pesar de sus ventajas, es obvio que se hace necesario controlar la luz natural mediante el apantallamiento solar, la dosificación y el redireccionamiento de la misma con el fin de hacerla útil para iluminar un lugar.

Se puede compaginar la luz natural con la luz artificial, esto para amortizar el consumo energético de iluminación, mediante un sistema que controle el alumbrado artificial en base a la luz natural. Para lograr este fin se debe tomar en cuenta que la luz natural procedente de la bóveda celeste, por lo que consta de tres componentes:

- El haz directo procedente del sol
- La luz natural difundida en la atmósfera (luz difusa del cielo)
- La luz procedente de reflexiones en el suelo y objetos en el entorno

El color de la luz natural resulta de la mezcla aditiva de sus tres componentes, por lo que se deben instalar dispositivos que la aprovechen al máximo, tales como:

- Filtros tragaluz
- Domos claraboyas
- Lucernarios
- Persianas
- cortinas

La cantidad y propiedades de estos componentes dependerán de la cantidad de luz que incida en determinado lugar, tomando en cuenta que el exceso de luz natural puede afectar la salud, comodidad y estética del recinto.

#### **4.1.4.2. Color del lugar a iluminar**

Es el segundo paso para obtener un uso eficiente en la red de iluminación de un lugar, consiste en determinar los colores de las paredes, techo y piso. Lo importante es buscar colores que reflejen la luz artificial y con ello la potencia de cada lámpara colocada será menor. Aunque la pintura más bien obedece a aspectos estéticos, culturales y gustos de las personas, el lugar a iluminar y la calidad de la iluminación se verá afectado por la distribución de los colores, ver tabla XI.

Tabla XI. **Reflectancias aproximadas para pared, techo y piso**

Tono	Color	% de reflexion
Muy Claro	Blanco nuevo	88
	Blanco viejo	76
	Azul verde	76
	Crema	81
	Azul	65
	Miel	76
	Gris	83
Claro	Azul verde	72
	Crema	79
	Azul	55
	Miel	70
	Gris	73
Mediano	Azul verde	54
	Amarillo	65
	Miel	63
	Gris	61
Obscuro	Azul	8
	Amarillo	50
	Café	10
	Gris	25
	Verde	7
	Negro	3

Fuente: elaboración propia.

Los colores que reflejen la luz artificial son los mejores para iluminar un lugar con la menor cantidad de luz. La tabla XI identifica los colores y reflexión de la luz artificial, pero siempre se debe tener presente que el resultado final es una mejora en el estado anímico de las personas.

#### **4.1.4.3. Diseño del lugar a iluminar y su luminancia media**

Es el tercer paso para mejorar la eficiencia de la red de iluminación en un hogar. El diseño del lugar determinará el tipo de luminaria, su eficiencia y los lúmenes de la misma para cada hogar, esto debido a que el nivel de iluminación

mínimo toma una importancia relevante y lo determinan factores como la cavidad del techo, su altura y el tipo de montaje de la luminaria.

También se tendrá presente que el nivel de iluminación es medido a la altura del plano de trabajo, punto en el cual el nivel de iluminación debe cumplir según lo indicado en la tabla XII. En un hogar la distribución del nivel de iluminación no es tan complicada, una iluminancia agradable será la apropiada, poniendo como primer plano la eficiencia energética.

Tabla XII. Iluminancia en lugares según el tipo de tarea

CLASES DE LUGARES Y TAREAS.	ILUMINANCIA MEDIA (LUX)		
	Mínimo	Recomendado	Óptimo
<b>EDIFICIOS</b>			
Zonas de circulación (pasillos).	50	100	150
Roperos, lavabos, archivos, escaleras, Escaleras móviles y elevadores.	100	150	200
<b>CENTROS DOCENTES</b>			
Aulas, laboratorios y auditorios.	300	400	500
Bibliotecas y salas de estudio.	300	500	750
<b>OFICINAS</b>			
Recepción y salas de espera.	300	400	500
Despachos, salas de trabajo, salas de proceso de datos y salas de conferencias.	450	500	750
Grandes oficinas y salas de diseño.	500	750	1 000
<b>COMERCIOS</b>			
Restaurantes.	100	150	200
Comercio tradicional.	300	500	750
Grandes comercios, supermercados y salas de muestra.	500	750	1 000
<b>INDUSTRIAS</b>			
Trabajos con requerimientos visuales limitados.	200	300	500
Trabajos con requerimientos visuales normales.	500	750	1 000
Trabajos con requerimientos visuales especiales.	1 000	1 500	2 000
<b>VIVIENDAS</b>			
Dormitorios.	100	150	200
Cuartos de aseo.	100	150	200
Salas de estar.	200	300	500
Cocinas.	100	150	200
Cuartos de trabajo y estudio.	300	500	750

Fuente: elaboración propia.



#### **4.1.4.4. Fuentes luminosas ahorradoras de energía**

La luz ya sea natural o artificial es capaz de ser percibido por el ojo humano, la cual da la sensación de bienestar a un lugar. Como tal, la luz natural tiene características que es necesario conocer para sustituirla por luz artificial, lo importante es que también se ahorre dinero en su utilización. Los beneficios directos son ahorro en la factura de energía eléctrica, mejora en la calidad de vida de la persona y un mejor bienestar en el espacio iluminado.

Las diferentes fuentes luminosas ahorradoras de energía, existentes en el mercado nacional que tienen mayor eficiencia luminosa son:

- Lámpara fluorescente: lámpara de descarga de vapor de mercurio a baja presión, utiliza normalmente para la iluminación doméstica o industrial. Su ventaja frente a otro tipo de lámparas, como las incandescentes, es su eficiencia energética.

La lámpara consiste en un tubo de vidrio fino revestido interiormente con diversas sustancias químicas compuestas llamadas fósforos, los cuales emiten luz visible al recibir una radiación ultravioleta. El tubo contiene además una pequeña cantidad de vapor de mercurio y un gas inerte, habitualmente argón o neón, a una presión más baja que la presión atmosférica. En cada extremo del tubo se encuentra un filamento hecho de tungsteno, que al calentarse al rojo contribuye a la ionización de los gases.

- Lámpara de alógeno: es una variante de la lámpara incandescente con un filamento de tungsteno dentro de un gas inerte y una pequeña cantidad de halógeno (como yodo o bromo). El filamento y los gases se

encuentran en equilibrio químico, mejorando el rendimiento del filamento y aumentando su vida útil. El vidrio se sustituye por un compuesto de cuarzo, que soporta mucho mejor el calor, lo que permite lámparas de tamaño mucho menor para potencias más altas.

Algunas de estas lámparas funcionan a baja tensión (por ejemplo 12 voltios), por lo que requieren de un transformador para su funcionamiento. La lámpara halógena tiene un rendimiento un poco mejor que la incandescente (18, 22 lm/W) y su vida útil se aumenta hasta las 2 000 y 4 000 horas de funcionamiento.

- Lámpara led: Lámpara que usa ledes (diodos emisores de luz) como fuente luminosa. Debido a que la luz capaz de emitir un led no es muy intensa, para alcanzar la intensidad luminosa similar a las otras lámparas existentes como las incandescentes o las fluorescentes. Las lámparas led están compuestas por agrupaciones de ledes, en mayor o menor número, según la intensidad luminosa deseada.

Actualmente las lámparas led se pueden usar para cualquier aplicación comercial, desde el alumbrado decorativo hasta el de viales y jardines. Presentado ciertas ventajas, entre las que destacan su considerable ahorro energético, arranque instantáneo, aguante a los encendidos, apagados continuos y una mayor vida útil, pero también con ciertos inconvenientes como su elevado costo inicial.

Para fines de este proyecto se utilizaran lámparas led, por su alto valor de eficiencia energética, estética agradable y su larga vida útil.

## **4.2. Sistema domótico aplicado a la eficiencia energética en fuentes luminosas**

El último paso a seguir para lograr una eficiencia energética en sistemas de iluminación es el más relevante para fines de la investigación. Se trata de implementar un sistema domótico aplicado a la regulación y control de toda la iluminación de un hogar. Para implementar este sistema domótico se utilizarán conceptos de electricidad y electrónica, adquiridos durante la carrera de Ingeniería Electrónica en la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Este sistema será capaz de monitorear y controlar toda fuente de iluminación en un hogar, basándose en información de la iluminación del medio o si se encuentran o no personas dentro del hogar, información captada por medio de sensores adecuados.

### **4.2.1. Descripción del proyecto**

Para que este sistema domótico sea eficiente en sistema de iluminación, contará con las siguientes características:

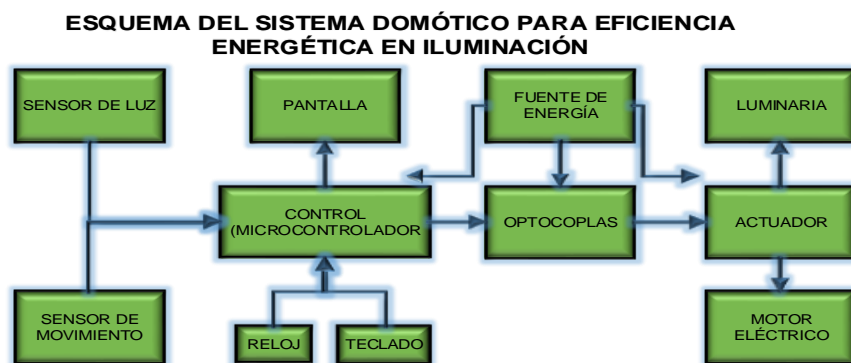
- **Sistemas de iluminación eficientes:** adaptan el nivel de iluminación en función de la variación de la luz solar, la zona de la casa o la presencia de personas, ajustándola a las necesidades de cada momento y lugar. Por ejemplo, detectan la presencia de personas en zonas comunes de un hogar e iluminar solo cuando sea necesario.
- **Control automático inteligente de domos, persianas y cortinas de la vivienda:** aprovechará al máximo la luz natural durante el día.

- Control automático del encendido y apagado de todas las luces de la vivienda: evitará dejar luces encendidas al salir de casa o de una habitación.
- Control automático del encendido y apagado de las luces exteriores: controlará en función de la luz solar todas las luminarias externas del hogar.

Cada una de las características anteriores será descrita detalladamente en el resto del capítulo cuatro, tomando en cuenta que el lector debe tener ciertos conocimientos básicos de electrónica para comprender de mejor manera su instalación y funcionamiento.

En la figura 12 se presenta el esquema del sistema domótico aplicado a la eficiencia energética en la red de iluminación en un hogar, seguido de la descripción y explicación específica de cada una de sus partes y componentes del proyecto.

Figura 11. **Esquema del proyecto**



Fuente: elaboración propia, en programa Visio 2010.

El proyecto cuenta con todas las partes que se encuentran en el esquema anterior, a continuación la descripción de cada una de ellas:

- Fuente de energía: dispositivo transformador de corriente alterna a corriente directa, encargada de suministrar energía eléctrica a todas las partes del proyecto.

Esta fuente de poder eléctrica se alimenta con 120 Vac a su entrada, tomada de cualquier tomacorriente convencional, obteniendo a su salida 5 y 12 Vcc para energizar el módulo de control, sensores, pantalla, reloj, opto acopladores y actuadores. Adicional aporta 120 voltios AC regulados, esto para energizar actuadores, luminarias y motores eléctricos de una forma segura y confiable, vea figura 13.

Figura 12. **Fuente de poder eléctrica**



Fuente: Laboratorio de fuentes de poder.

#### Características técnicas:

- Voltaje de entrada: 110 – 220 Vac.
  - Frecuencia: 50/60 Hz.
  - Voltajes de salida: 5 y 12 Vcc, 110 Vac regulados.
  - Corriente de salida: 3 A.
  - Terminales de conexión de tornillo.
  - Protección de sobrecargas mayores a 5 A.
  - Led indicador de encendido (enciende cuando la fuente está en funcionamiento).
- 
- Sensores de luz: un sensor de luz es un dispositivo fotoeléctrico que responde al cambio de la intensidad de la luz, siendo esta natural o artificial. En este proyecto están compuestos por sensores de MSE-S130 (vea figura 14). Sensor basado en el foto transistor BPW40, el cual varia su corriente eléctrica dependiendo de la intensidad de luz que incida sobre él.

Este componente se alimenta con una tensión de +5 Vcc a su entrada, proporcionando a la salida una tensión variable entre 0,1 y 5 Vcc en función de la variación de luz ambiente detectada por el foto transistor. Señal de salida que será ingresada a una terminal analógica del módulo ADC (convertidos análogo-digital) del microcontrolador PIC 16F877A, para detectar el nivel de luz dentro de un recinto del hogar.

Figura 13. **Sensor de luz MSE-S130**



Fuente: DEL AGUILA, Ramón. *Sensores de luz*.

[http://www.msebilbao.com/tienda/popup\\_image.php?plD=68&osCsid=0a9130e00de2a673c84577e564c342c4](http://www.msebilbao.com/tienda/popup_image.php?plD=68&osCsid=0a9130e00de2a673c84577e564c342c4). Consulta: 4 de noviembre de 2014.

#### Características técnicas:

- Dimensiones del circuito: 25 x 18 mm
  - Voltaje de alimentación: 5 Vcc
  - Consumo en corte (máxima luz incidente): < 20 mA
  - Consumo en saturación (mínima luz incidente): < 2 mA
  - Tensión de salida en corte (máxima luz): 5 Vcc
  - Tensión de salida en saturación (mínima luz): < 0.1 Vcc
  - Nivel lógico "1": > 2.5 Vcc
  - Nivel lógico "0": < 1 Vcc
- 
- Sensores de movimiento: dispositivo detector de luz infrarroja capaz de detectar movimiento a cierta distancia del mismo. En este proyecto están compuestos por sensores PIR #555-28027 (vea figura 15), capaces de detectar movimiento a más de 6 metros de distancia, emplea lentes *Fresnel* y sensores infra rojos para

detectar los cambios de infra rojos pasivos emitidos por cualquier objeto.

Este componente se alimenta con una tensión de +5Vcc a su entrada, y dispone de una salida que se activa al detectar el movimiento. Esta salida será conectada a una terminal digital del microcontrolador PIC 16F877A, para detectar presencia de personas dentro de un recinto del hogar.

Figura 14. **Sensor de movimiento PIR #555-28027**



Fuente: DEL AGUILA, Ramón. *Sensores de luz*.

<http://www.tecnoedu.com/Feedback/BoeBot.php>. Consulta: 3 de noviembre de 2014.

#### Características técnicas:

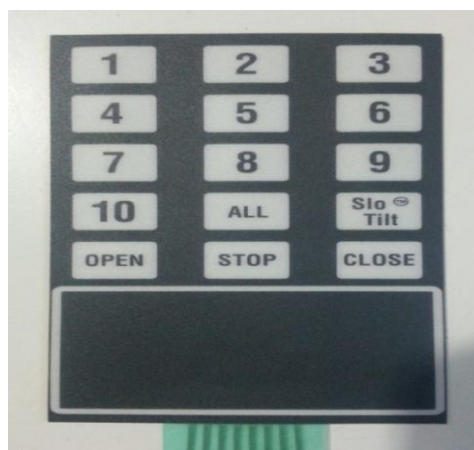
- Distancia máxima de detección: 9 metros.
- Temperatura de funcionamiento: 0 a 50 °C.
- Interfaz de fácil manejo con un microcontrolador.
- Voltaje de alimentación: 3 a 5 Vcc.
- Corriente: 12 a 23 mA.
- Comunicación: un solo bit de salida alta/baja.



- Jumper selecciona el funcionamiento normal o reducida sensibilidad.
  - Led láser a bordo para iluminar la lente cuando se detecta movimiento.
  - Dimensiones: 35,8 x 25,4 x 20,3 mm (fácil de ocultar).
  - Terminales de entrada y salida de señal lógica con *headers* macho de 0.1".
  - Agujeros de montaje para 2 tornillos.
- Teclado matricial: dispositivo o periférico de entrada, consta de una serie de interruptores electrónicos en forma de teclas numéricas, útil para interactuar con el módulo de control para realizar todo tipo revisión y configuración del sistema de iluminación.

Este proyecto contiene un teclado numérico de 15 interruptores de entrada, y una salida de 8 terminales digitales que serán conectadas a un puerto digital del microcontrolador PIC 16F877A, vea figura 16.

Figura 15. **Teclado numérico matricial**



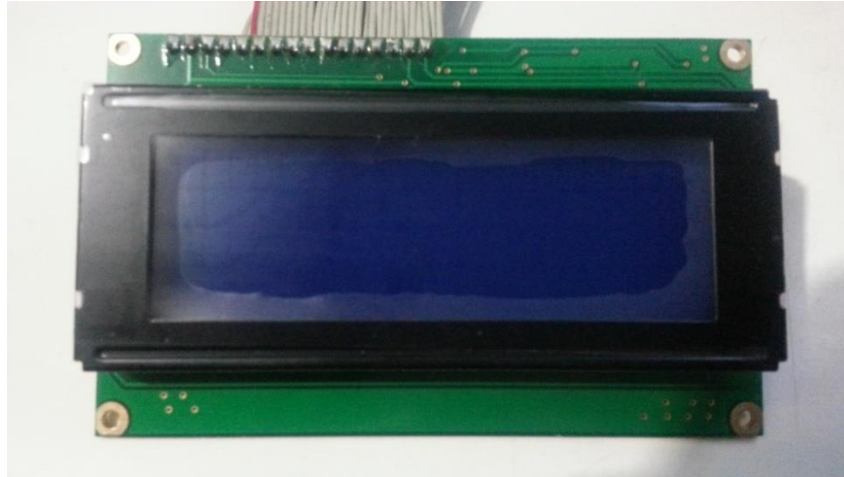
Fuente: Laboratorio de fuentes de poder.

#### Características técnicas:

- 15 botones, organizados en una matriz de 5 filas por 4 columnas
  - Teclado tipo membrana
  - Voltaje máximo de operación: 24 Vcc
  - Corriente máxima: 30 mA
  - Expectativa de vida: 1 millón de operaciones
  - Cable *flat* con conector hembra de 8 pines
  - Dimensiones: 94X54 mm
- 
- Pantalla: dispositivo o periférico de salida, compuesto por una pantalla LCD WH2004A (vea figura 17), que cuenta con 4 líneas de 20 caracteres cada una. Componente que servirá para desplegar información referente al estado y configuración de todo el sistema de iluminación.

Pantalla que tiene como salida una serie de 16 terminales digitales, útiles para la transferencia de datos, control, sincronización y alimentación de la pantalla, terminales que serán conectadas al módulo de control.

Figura 16. **Pantalla LCD WH2004A**



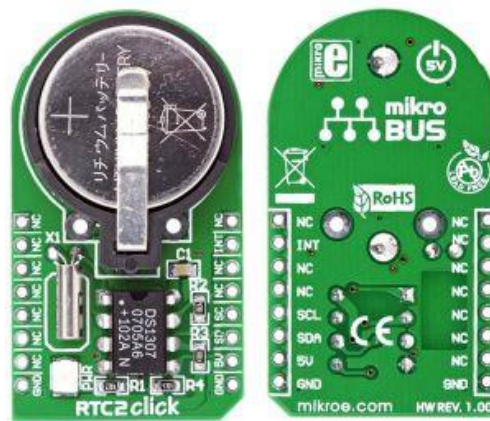
Fuente: Laboratorio de fuentes de poder.

Características técnicas:

- Voltaje de entrada: 3 a 5 Vcc.
- Corriente: 1 a 1.2 mA.
- Temperatura de trabajo: -20 a 70 °C.
- Alimentación del led de iluminación trasera: 4.2 a 4.6 Vcc.
- Corriente del led de iluminación trasera: 80 mA.
- Tamaño: 98x60x14 mm.
- Número de líneas: 4.
- Número de caracteres por línea: 20.
- Terminales de entrada y salida de señal lógica con *headers* hembra de 0.1".
  - Módulo de sincronía (reloj): este será el encargado de que todo el sistema domótico cuente con reloj a tiempo real y calendario

completo. Se trata de una tarjeta accesorio RTC2 DS1307 (vea figura 18), capaz de realizar esta tarea de manera confiable y garantizada. Esto debido a que cuenta con una batería de litio de 3 Vcc y 230 mA utilizada como fuente de alimentación de reserva en ocasiones donde la fuente principal de alimentación falle.

Figura 17. **Reloj RTC2 DS1307**



Fuente: DEL AGUILA, Ramón. *Paneles de electricidad*. <http://www.mikroe.com/click/rtc2/>.

Consulta: 3 de noviembre de 2014.

#### Características técnicas:

- Reloj de tiempo real (RTC), cuenta segundos, minutos, horas, fecha del mes, mes, día de la semana, y año con año bisiesto.
- Compensación válido hasta 2100.
- 56-Byte, respaldada por batería, de propósito general RAM con escrituras ilimitadas.
- Interfaz serial.
- Salida programable con señal de onda cuadrada.

- Detector de falla de alimentación y conexión a batería automática.
  - Consume menos de 500 mA en batería de respaldo.
  - Temperatura de trabajo: -40 a 85 °C.
  - Disponible en 8 terminales DIP *headers* macho.
- Módulo de protección y potencia (Opto-acopladores y actuadores):  
Módulo de relevadores (relés) para conmutación de cargas de potencia en luminaria y motores que cierran y abren domos, persianas y cortinas. Se compone de un módulo de 8 opto-acopladores útiles para proteger y aislar eléctricamente el módulo de control (vea figura 19), en especial el microcontrolador PIC 16F877A de sobre cargas provenientes de los actuadores, y de 8 relevadores de potencia, útiles para activar luminarias y motores, cada uno controlado por su respectivo opto-acoplador.

Los contactos de los relevadores están diseñados para conmutar cargas de hasta 10 A, 30 Vcc a 250 Vac, aunque se recomienda dejar un margen abajo de estos límites. Las entradas de control se encuentran aisladas eléctricamente con opto-acopladores para minimizar el ruido percibido por el circuito de control mientras se realiza la conmutación de la carga. Los opto-acopladores están diseñados para ser activados por una señal digital de entre 3 y 5 Vcc que puede provenir de cualquier circuito de control TTL, CMOS o como en este caso de un microcontrolador.

Figura 18. **Módulo de potencia aislado, ocho canales**



Fuente: DEL ÁGUILA, Ramón. *Paneles solares*. <https://www.miki.tienda/modulos.html>.

Consulta: 4 de noviembre de 2014.

#### Características técnicas:

- 8 canales independientes protegidos con opto-acopladores.
  - 8 relevadores (Relés) de 1 polo 2 tiros.
  - El voltaje de la bobina del relé es de 5 V DC.
  - Led indicador para cada canal (enciende cuando la bobina del relé esta activa).
  - Activado mediante corriente: el circuito de control debe proveer una corriente de 15 a 20 mA.
  - Puede ser controlado directamente por circuitos lógicos.
  - Terminales de conexión de tornillo.
  - Terminales de entrada de señal lógica con *headers* macho de 0.1".
- 
- Lámparas y luminarias: dispositivos que proporcionan luz artificialmente, con base en una fuente de energía eléctrica. En este proyecto se usarán lámparas led. Se ha elegido este tipo de

lámparas por tener amplias ventajas sobre otras lámparas ahorradoras, ventajas descritas en la sección 4.1.4.

Tabla XIII. **Iluminación media en diferentes lugares**

CLASES DE LUGARES Y TAREAS	ILUMINANCIA MEDIA (LUX)		
	Mínimo	Recomendado	Óptimo
<b>VIVIENDAS</b>			
Dormitorios.	100	150	200
Cuartos de aseo.	100	150	200
Salas de estar.	200	300	500
Cocinas.	100	150	200
Cuartos de trabajo y estudio.	300	500	750

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo a tabla XIII, de la que ha extraído la parte enfocada a la vivienda, se utilizarán lámparas led de acuerdo a cada uno de los tipos de lugares dentro de un hogar.

- Para los dormitorios, cuartos de aseo y cocinas se utilizarán lámparas LED0111.
- Para la sala se utilizarán lámparas LED0109.
- Para el exterior, cuartos de trabajo y estudio se utilizarán LED0120.

A continuación se especificarán las características de estas lámparas, ver tabla XIV.

Tabla XIV. Características de 3 lámparas led

LED0111	LED0109	LED0120
		
<p>Voltaje: 90-265 Vac.  Frecuencia: 50/60 Hz.  Temperatura: 15°- 35 °C.  Factor de potencia: 0,95.  Corriente: 0,038A.  Potencia nominal: 3 w.  Lúmenes: 230/250 lm.  Rendimiento: 90 L/W.  Color de luz: blanca.</p>	<p>Voltaje: 90-265Vac.  Frecuencia: 50/60 Hz.  Temperatura: 15°- 35 °C.  Factor de potencia: 0,95.  Corriente: 0,052A.  Potencia nominal: 4 w.  Lúmenes: 310/340.  Rendimiento: 90 L/W.  Color de luz: blanca.</p>	<p>Voltaje: 85-265 Vac.  Frecuencia: 50/60 Hz.  Temperatura: 20°- 40 °C.  Factor de potencia: 0,95.  Corriente: 0,064A.  Potencia nominal: 5 w.  Lúmenes: 450 lm.  Rendimiento: 90 L/W.  Color de luz: blanca.</p>

Fuente: elaboración propia.

- Motor eléctrico: dispositivo que convierte energía eléctrica en energía mecánica circular utilizado para realizar un trabajo mecánico. En este proyecto se utilizarán motores eléctricos particulares de limpiaparabrisas (motor con engranaje posicionado en una carcasa de engranaje), vea figura 20.



Este dispositivo está formado por un motor DC, que a su eje de salida tiene una rueda helicoidal, acoplada a un engranaje de transformación, útil para ganar fuerza al sacrificar velocidad. Motor que será adaptado para poder abrir y cerrar domos, persianas y cortinas de forma automática, controlados por el módulo de control con base en la hora del día.

Figura 19. **Motor eléctrico**



Fuente: PANTONE, Paul. *Motores eléctricos*. <http://www.robotsperu.org/foros/amperaje-de-un-motor-de-limpiaparabrisas>. Consulta: 5 de noviembre de 2014.

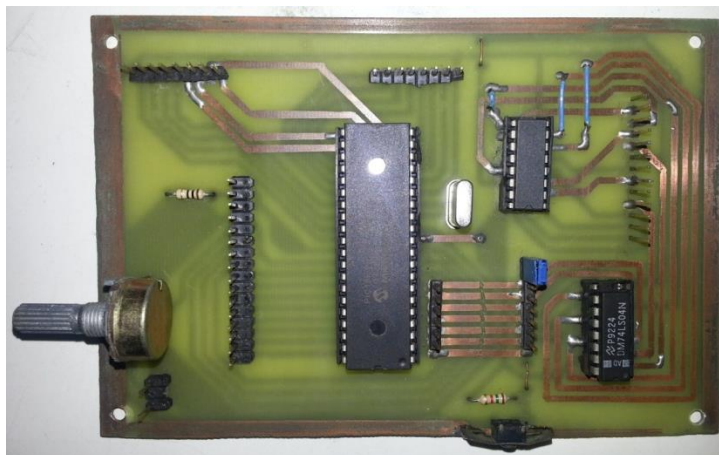
#### Características técnicas:

- Voltaje de entrada: 12 Vcc
  - Corriente sin carga: 3 A
  - Corriente con carga: 7 A
  - Velocidades de funcionamiento: 2
  - Revoluciones por minuto: 30 y 60 RPM
  - Temperatura de trabajo: 15 a 25 °C
- 
- Módulo de control: es la unidad de proceso central (UPC), encargada del control total de todo el sistema domótico descrito en

la figura 21, conformado principalmente por un microprocesador PIC 16F877A y un oscilador de cristal de 20 MHz de frecuencia, empotrados en un circuito impreso sobre un placa de cobre.

Es la unidad de proceso central el componente donde divergen todos los periféricos externos de entrada y salida, conectados a este por medio del cableado de interconexión.

Figura 20. **Unidad de proceso central**



Fuente: Laboratorios de fuentes de poder.

El microcontrolador PIC 16F877A (vea figura 22), es el dispositivo encargado de recaudar toda la información procedente de los módulos de entrada (sensores y periféricos de entrada), analizarlos y procesarlos, para luego tomar decisiones sobre los módulos de salida (actuadores y periféricos de salida).

### Características técnicas del microcontrolador PIC 16F877A.

- Tamaño de bus: 8 bits.
- Frecuencia máxima: 20 MHz
- Memoria flash para programación: 8KB
- Memoria RAM: 368 Bytes
- Memoria EEPROM: 256 Bytes
- Puertos de entrada/salida: A, B, C, D y E
- canales de ADC: 8 de 10 bits
- Número de pines: 40
- Voltaje de alimentación: 5V
- Interfaces: SCI, UART, I2C, USB, S

Figura 21. **PIC 16F877A**



Fuente: Laboratorios de fuentes de poder.

El oscilador de cristal (vea figura 23) es el encargado de proporcionarle una frecuencia de reloj estable de 20 MHz al microcontrolador PIC 16F877A.

Figura 22. **Cristal 20 MHz**



Fuente: Laboratorios de fuente de poder.

Características del oscilador de cristal:

- Frecuencia: 20 MHz
  - Temperatura de trabajo: 0 a 70 °C
  - Dimensiones: 14x8x2 mm
  - Voltaje máximo: 5 Vcc
- 
- Cableado de interconexión: es todo el sistema de cableado necesario para interconectar las partes o módulos del sistema domótico. Especialmente diseñado para realizar la instalación de todos los componentes digitales o periféricos externos de entrada y salida de manera fácil y eficaz.

La base de la simplicidad y eficiencia del cableado de interconexión utilizado es el conector tipo *headers*, y una gama de cinchos de cables que permiten la conexión entre conectores del módulo central y sus diferentes componentes periféricos, vea figura 24.

Una de las grandes ventajas del conector tipo *headers* es que cualquier componente puede instalarse o reemplazarse fácilmente. Además existe una gama de periféricos compatibles con este tipo de conectores, desde fuentes de poder, sensores y actuadores, hasta receptores GPS.

Figura 23. **Cableado de interconexión**

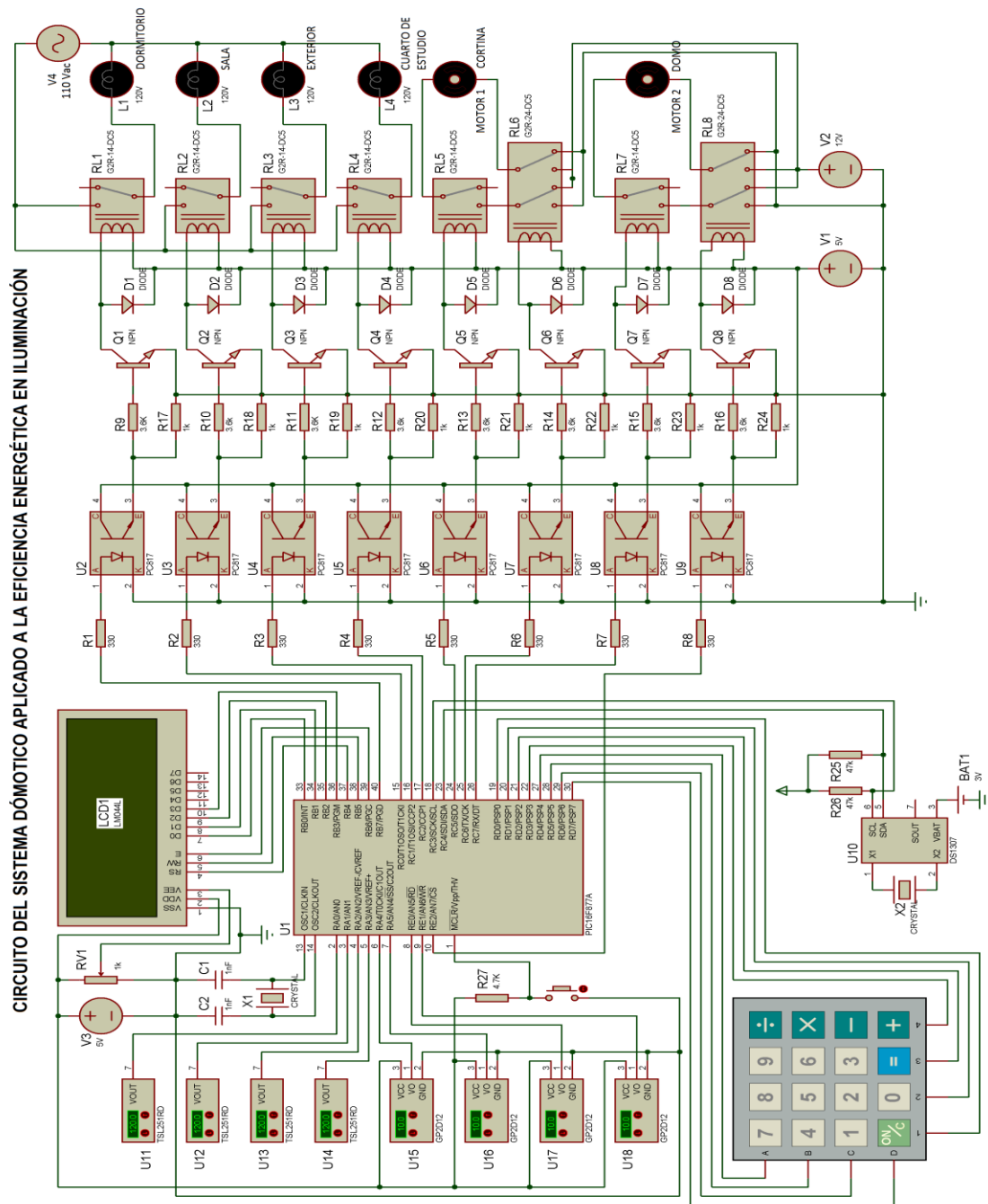


Fuente: Laboratorio de fuentes de poder.

#### **4.2.2. Circuito del proyecto**

Es una red eléctrica que contiene al menos una trayectoria cerrada, los circuitos que contienen solo fuentes, componentes lineales y elementos de distribución lineales.

Figura 24. Circuito del proyecto



Fuente: elaboración propia, diseñado en Proteus 8.0.

En la figura 25, se observa el circuito del proyecto domótico aplicado a la eficiencia energética en sistemas de iluminación. Diseñado por software de computación (Proteus 8); circuito que contiene todos los componentes descritos en la sección 4.2.1, interconectados tal como deben ser instalados para su funcionamiento.

En el circuito se muestra la conexión técnica de todos los dispositivos electrónicos, de manera que el usuario entienda el funcionamiento básico de todo el sistema. A continuación se describe la conexión de cada una de los módulos en los que se ha dividido el sistema:

- El oscilador de cristal de 20 MHz está conectado de manera directa a las terminales 13 y 14 del microcontrolador PIC 16F877A; terminales que corresponden al ingreso de la sincronía de reloj.
- Los sensores de intensidad luminosa MSE-S130 están conectados a las terminales 2, 3, 4 y 5 del microcontrolador PIC 16F877A; terminales que pertenecen al puerto de entrada analógica, utilizadas por el módulo ADC de 10 bits.
- Los sensores de movimiento PIR #555-28027 están conectados a las terminales 6, 7, 8 y 9 del microcontrolador PIC 16F877A; terminales que corresponden a los puertos digitales A y E.
- El tecla de reinicio está conectada a la terminal 1 del microcontrolador PIC 16F877A; terminal que corresponde a la entrada maestra de reinicio.

- El teclado numérico matricial está conectado a las terminales 19, 20, 21, 22, 27, 28, 29 y 30 del microcontrolador PIC 16F877A; terminales que corresponden al puerto digital D.
- La tarjeta accesorio de sincronía RTC2 DS1307, está conectada a las terminales 18 y 23 del microcontrolador PIC 16F877A; terminales SCL y SDA pertenecientes al ingreso y salida de sincronía de reloj serial.
- EL módulo de opto-acopladores y actuadores, está conectado a las terminales 40, 15, 16, 17, 24, 25, 26 y 10 del microcontrolador PIC 16F877A; terminales que corresponden a los puertos digitales B, C y E.
- La pantalla LCD WH2004A, está conectada a las terminales 33, 34, 35, 36, 37, 38 y 39 del microcontrolador PIC 16F877A; terminales que corresponden al puerto digital B.
- Las lámparas y motores están conectados a las terminales de salida de potencia del módulo de opto-acopladores y actuadores.
- NOTA: todos los módulos poseen suministro de corriente y tierra para su funcionamiento, ya sea 5 Vcc, 12 Vcc o 120 Vac.

#### **4.2.3. Funcionamiento del proyecto**

En esta sección se describe como una vez integrado todo el sistema (vea figura 25), se lleva a cabo su funcionamiento. Como parte inicial se debe destacar que las explicaciones a continuación son basadas en simulaciones realizadas en software de computadora, específicamente en el programa



Proteus versión 8, por lo que se espera que los resultados reales sean similares a los experimentados en las pruebas simuladas.

Como se describió anteriormente, Proteus posee una gran cantidad de herramientas que facilitan la simulación a tiempo real de una gran cantidad de circuitos. Las características del programa Proteus 8 se incluyen en el apéndice de esta tesis.

El código de programa instalado en el microcontrolador, PIC 16F877A al que se hace referencia en la explicación del sistema domótico. El mismo está desarrollado en el software PIC SIMULATOR IDE, aplicación que proporciona programación, compilación, depuración y simulación de microcontroladores a base de lenguaje PIC BASIC. En el está escrito el programa de este sistema domótico. Las características del software PIC SIMULATOR IDE se incluyen en el apéndice de esta tesis.

A continuación únicamente se presenta la explicación del funcionamiento básico del sistema:

- Funcionamiento del oscilador de cristal de 20 MHz: debido a la propiedad piezoeléctrica de este dispositivo, hace que al ser polarizado eléctricamente, genere una fuerza mecánica, fuerza que a su vez genera una oscilación eléctrica constante que depende de las propiedades y dimensiones del cristal.

El oscilador de cristal utilizado en este circuito genera una frecuencia eléctrica constante de 20 MHz; instalado entre las terminales 13 (CLKIN) y 14 (CLKOUT) del el microcontrolador PIC 16F877A, para proporcionarle sincronía.

- Funcionamiento del módulo de sincronía de reloj RTC2 DS1307: es una tarjeta accesorio de tiempo real a baja potencia, completamente decimal codificado en binario. Proporciona la hora mundial y calendario válido hasta el año 2100, almacenado en su memoria NVRAM interna. Sus datos son enviados de manera serial a través de su bus bidireccional I2C, hacia las terminales 18 (SCL) y 23 (SDA) del microcontrolador PIC 16F877A.

Este dispositivo proporciona información de segundos, minutos, horas, día, fecha, mes y año, ajustándose automáticamente y sin necesidad de programación; funciona tanto en formato de 24 como de 12 horas con indicador AM o PM.

El DS1307 tiene un integrado en el circuito de potencia que detecta fallas de energía y cambia automáticamente a la alimentación de reserva de la batería.

- Funcionamiento del teclado matricial: el principio del funcionamiento es sencillo y fácil de programar. Se basa en la multiplexación de las 8 terminales del teclado conectadas al puerto digital D del microcontrolador PIC 16F877A.

El programa configura el puerto digital D del PIC de la siguiente manera: RD4 a RD7 funcionan como salidas y la otra mitad, de RD0 a RD3 como entradas. Las filas (horizontal) del teclado matricial se conectan a los bits más significativos que funcionan como salidas, mientras que las columnas (vertical) se conectan a los bits menos significativos del puerto D.

Cualquier tecla que se oprima en una columna del teclado causará que uno de los bits menos significativos del puerto D (RD0–RD3) cambie de un estado lógico bajo a un estado alto, según la columna en la que se encuentre la tecla oprimida. Con esto se sabrá entonces a qué columna pertenece el botón que se ha pulsado pero no se conocerá a qué fila pertenece. Para resolver en que fila se oprimió una tecla, se realiza un proceso de escaneo del teclado. En este proceso, se colocará en secuencia un 1 lógico en los 4 bits más significativos del puerto y se leerá el estado de los 4 bits menos significativos, hasta determinar la fila en la que se encuentra el botón pulsado.

Una vez determinado que botón del teclado se ha pulsado, el programa instalado en el microcontrolador realizará una acción determinada por el menú; acción que va desde verificar el estado del sistema, hasta la configuración del mismo.

- Funcionamiento de la pantalla LCD WH2004A: el funcionamiento de la pantalla de cristal líquido es sencillo de instalar y programar con base en un microcontrolador, pantalla que será conectada y configurada en el puerto B del microcontrolador PIC 16F877A.

La pantalla LCD WH2004A cuenta con 8 terminales útiles para el bus de datos de 8 bits (D0 a D7), y 3 terminales de configuración y mando (RS, RW y E). Además de dos terminales para el suministro de corriente (VDD y VSS) y la terminal de regulación de la intensidad de la luz de fondo (VEE).

El programa instalado en el microcontrolador para controlar la pantalla LCD, utiliza la configuración de bus de datos de 4 bits de la pantalla (D0 a D3), siendo configurados para este uso los bits menos significativos del puerto B (B0 a B3) del microcontrolador; los 3 bits de configuración RS, RW y E de la

pantalla, configurados en los siguientes 3 bits más significativos del puerto B (B4 a B6).

Pantalla utilizada para visualizar de excelente manera toda la información referente al sistema domótico. Dispositivo con el que se puede navegar a través del menú, ingresar a verificar el estado y configuraciones del sistema, pudiendo también modificar todo tipo de configuraciones referente al nivel de luminosidad mínima o la programación del horario de encendido y apagado automático.

- Funcionamiento de los sensores de luz MSE-S130: el funcionamiento de este tipo de sensor es sencillo y de fácil instalación.

Este dispositivo cuenta con 3 terminales, dos utilizadas para energizar el sensor, siendo la tercera la terminal de salida de señal analógica. Terminal que varía su voltaje proporcionalmente a la cantidad de luz que incide sobre el fototransistor BPW40 del dispositivo.

La terminal de señal de salida de cada sensor de luz es conectada a la entrada de una terminal del puerto A del microcontrolador, configurada en modo de entrada analógica y convertida a señal digital por medio del ADC del PIC 16F877A.

- Funcionamiento de los sensores de movimiento PIR #555-28027: el funcionamiento de este tipo de sensor también es sencillo de fácil instalación.

Al igual que el sensor de luz, este dispositivo cuenta con 3 terminales, dos utilizadas para energizar el sensor, siendo la tercera la terminal de salida de

señal digital. Terminal que varía su estado lógico (0 – 1), con base en la presencia a ausencia de movimiento frente a la lente del sensor.

La terminal de señal de salida de cada sensor de movimiento es conectada a la entrada de una terminal del puerto A o E del microcontrolador, configurada en modo de entrada digital, para determinar la presencia o ausencia de personas en un recinto.

- Funcionamiento del módulo de protección y potencia: dispositivo de funcionamiento, instalación y control fácil, por medio de una señal digital.

Dispositivo que posee 8 canales digitales de potencia (relevadores), con protección con base en opto-acopladores. Energizado de 5 Vcc, 12 Vcc y 120 Vac a sus terminales de suministro. Contiene 8 terminales de entrada digital, conectadas a 8 terminales de salida digital de los puertos B, C, y E del microcontrolador PIC 16F877A; cada una de las 8 terminales de entrada, maneja la salida de uno de los 8 canales de potencia, logrando con ello el control total de lámparas, cortinas, domos y persianas eléctricas.

- Funcionamiento del microcontrolador PIC 16F877A con base en su programación: luego de conocer las características del microcontrolador PIC 16F877A descritas en la sección 4.2.1, su conexión física con cada uno de los demás dispositivos del sistema vista en la sección 4.2.2 y el funcionamiento del resto de dispositivos vista anteriormente, se entenderá con mayor facilidad el funcionamiento del programa instalado en el microcontrolador del sistema domótico.

Como ya se ha mencionado anteriormente, el microcontrolador PIC 16F877A en función del programa instalado, es el encargado de controlar, el

teclado matricial, la pantalla LCD, el módulo de potencia, lámparas y motores eléctricos; la fuente de poder es necesaria para suministrarle energía eléctrica; el oscilador de cristal y el reloj le aportan sincronía.

Los distintos sensores aportan información de luminosidad y cualquier actividad con base en el movimiento del lugar en el que están instalados. Información utilizada por el microcontrolador para tomar decisiones respecto al sistema de iluminación en el hogar.

Cada sensor de luminosidad MSE-S130 puede ser instalado en diferentes partes dentro y fuera de un la hogar, para fines de este proyecto. Este sistema cuenta con solo 4 sensores de este tipo, programados para ser instalados en un dormitorio, en la sala de estar, en el cuarto de estudio y otro en la parte externa de la casa. Cada sensor envía información en forma de señal análoga, a uno de los puertos análogos (AN) del microcontrolador, señal que es convertida a señal digital de 10 bits por el módulo ADC del PIC 16F877A. La información digital de 10 bits obtenida, determinará el encendido y apagado de lámparas y motores, de acuerdo a los estándares de luminosidad mínima y máxima previamente configurados.

Al igual que los sensores de luminosidad, los sensores de movimiento PIR #555-28027 pueden ser instalados tanto dentro como fuera del hogar, este proyecto cuenta con 4 sensores de este tipo. El funcionamiento de los sensores de movimiento es mucho más sencillo debido a la naturaleza de su funcionamiento, que al detectar movimiento cada uno envían un 1 lógico en su terminal de salida hacia un puerto digital del microcontrolador PIC 16F877A. La información digital recibida en el microcontrolador determinará el encendido y apagado de las lámparas correspondientes a cada sensor, manteniéndolas

encendidas el tiempo estipulado en las configuraciones previas, siendo el tiempo por defecto 5 minutos.

Los sensores de luminosidad y movimiento determina en conjunto el control de las lámparas, mientras que los sensores de luminosidad determinan por si solos el control de cortinas y domos, a continuación se explicará en funcionamiento de cada uno de ellos:

- Los sensores de luminosidad y movimiento instalados en el dormitorio determinarán el control de la lámpara instalada en esa habitación.
- Los sensores de luminosidad y movimiento instalados en la sala determinarán el control de las lámparas instaladas en la sala.
- Los sensores de luminosidad y movimiento instalados en el cuarto de estudio determinarán el control de las lámparas instaladas en esta habitación.
- Los sensores de luminosidad y movimiento instalados en el exterior de la casa determinarán el control de las lámparas externas, de domos y cortinas internas.

#### 4.2.4. Lista de componentes y presupuesto del proyecto domótico eficiente en iluminación

En la tabla XV se detallan los precios de los dispositivos necesarios para la realización del proyecto propuesto en este capítulo.

Tabla XV. Presupuesto del proyecto domótico eficiente en iluminación

Cantidad	Descripción de dispositivos.	P/U (Q)	Precio (Q)
1	Fuente de poder 5 y 12 Vcc.	189,00	189,00
4	Sensores de luz MSE-S130.	82,00	328,00
4	Sensores de movimiento PIR #555-28027.	85,00	340,00
1	Teclado matricial.	22,00	22,00
1	Tarjera de sincronía de reloj RTC2 DS1307.	190,00	190,00
1	Pantalla LCD WH2004A.	38 000	380,00
1	Microcontrolador PIC 16F877A.	85,00	85,00
1	Oscilador de cristal 20 MHz.	8,00	8,00
1	Módulo de 8 Relevadores con opto-acopladores.	145,00	145,00
1	Lámpara Led LED0111.	44,75	44,75
1	Lámpara Led LED0109.	44,75	44,75
1	Lámpara Led LED0120.	35,75	35,75
1	Lámpara Led LED0167.	65,75	65,75
2	Motores de corriente directa 12 Vcc.	180,00	360,00
1	Accesorios extras.	100,00	100,00
	<b>TOTAL</b>		<b>2 338,00</b>

Fuente: elaboración propia.



## **5. DISEÑO DE UN SISTEMA DOMÓTICO APLICADO A LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN CLIMATIZACIÓN Y ACS**

Otra de las maneras de reducir el consumo de energía eléctrica, en un hogar, es el ahorro en sistemas de climatización y agua sanitaria, que también se tomará en cuenta en este sistema domótico. Antes de aplicar la domótica a este campo se deben conocer conceptos y fundamentos necesarios para lograr un beneficio en todos los ámbitos posibles, sin afectar comodidad y estética.

### **5.1. Energía solar térmica**

Tipo de energía que logra utilizar la energía de los rayos del Sol para generar calor de forma limpia y respetuosa con el medio ambiente. A diferencia otro tipo de energías que tienen que consumirse en el momento de su generación, la energía solar térmica es una energía renovable, con capacidad de almacenamiento, para aportar energía en horas sin luz solar.

Actualmente la energía solar térmica es altamente utilizada, por ser muy confiable y respetuosa con el medio ambiente, posicionándose como una fuente de energía alternativa.

En los últimos años se viene produciendo un aumento notable de instalaciones de energía solar térmica en Guatemala, mayormente en residenciales modernos, debido por una parte, al aumento de sensibilidad social y política hacia temas medioambientales, y por otra parte, a la continua mejora y reducción de precios de los sistemas solares térmicos.

### **5.1.1. Funcionamiento de la energía solar térmica**

De manera muy explícita, el sistema de energía solar térmica funciona con base en un colector o panel solar, que capta los rayos del sol, absorbiendo de esta manera su energía en forma de calor. A través del panel solar se hace pasar un fluido (normalmente agua) de manera que parte del calor absorbido por el panel es transferido a este fluido, elevando su temperatura para ser almacenado o directamente llevado al punto de consumo.

### **5.1.2. Aplicaciones de la energía solar térmica**

Las aplicaciones más utilizadas en el aprovechamiento de la energía solar térmica son las siguientes:

- Agua caliente sanitaria (ACS).
- Calefacción por suelo radiante.
- Precalentamiento de agua para procesos industriales.
- Calentamiento de agua para piscinas.
- Usos emergentes como el de climatización o frío solar alimentando a bombas de absorción.

En función de la aplicación se utilizan distintos tipos de colectores o paneles solares térmicos, variando también la complejidad de su instalación. Por lo que se usan paneles solares planos para aplicaciones típicas de calentamiento de agua sanitaria, colectores de tubo de vacío en zonas

especialmente frías o para aplicaciones de calefacción y climatización, colectores de polipropileno sin cubierta para aumentar la temporada de baño en piscinas a la intemperie, y otros.

En cuanto a las instalaciones se pueden encontrar en el mercado desde equipos compactos para dotar de agua caliente sanitaria a una casa unifamiliar, hasta instalaciones más complejas con fluidos calo-portadores distintos al agua.

### **5.1.3. Colectores de energía solar térmica**

Dispositivo diseñado para recoger la energía radiada por el Sol y convertirla en energía térmica. Los colectores se dividen en tres grandes grupos: los captadores de baja, media y alta temperatura.

- Colectores de baja temperatura: proveen calor útil a temperaturas menores de 65 °C mediante absorbedores metálicos o no metálicos, utilizados fundamentalmente en aplicaciones de sistemas domésticos de calefacción (ACS), calentamiento de piscinas y en general para todas aquellas actividades industriales en las que el calor de proceso no es mayor de 60 °C, por ejemplo la pasteurización, el lavado textil, y otros.
- Colectores de temperatura media: son los dispositivos que concentran la radiación solar para entregar calor útil a mayor temperatura, usualmente entre los 100 y 300 °C. En esta categoría se tiene a los concentradores estacionarios y a los canales parabólicos, todos ellos efectúan la concentración mediante espejos dirigidos hacia un receptor de menor tamaño. Tienen el inconveniente de trabajar solamente con la componente directa de la radiación solar por lo que su utilización queda restringida a zonas de alta irradiación.

- Colectores de alta temperatura

Existen en tres tipos diferentes: los colectores de plato parabólico, la nueva generación de canal parabólico y los sistemas de torre central. Operan a temperaturas superiores a los 500 °C y se usan para generar electricidad (electricidad termosolar) y transmitirla a la red eléctrica. En algunos países estos sistemas son operados por productores independientes y se instalan en regiones donde las posibilidades de días nublados son remotas o escasas.

#### **5.1.4. Colector de baja temperatura para agua caliente sanitaria**

- Agua caliente sanitaria (ACS): es agua destinada al consumo humano (agua potable) que ha sido previamente calentada. Generalmente se utiliza en cuartos de baño (sanitarios, duchas y lavamanos) y para usos de limpieza (lavado de platos, ropa y suelos).

Hay dos tipos de instalación de calentadores o calefones solares para agua caliente sanitaria: las de circuito abierto y las de circuito cerrado.

- En las de circuito abierto, el agua de consumo pasa directamente por los colectores solares. Este sistema reduce costos y es más eficiente, pero presenta problemas en zonas con temperaturas por debajo del punto de congelación del agua, así como en zonas con alta concentración de sales que acaban obstruyendo los conductos de los paneles.

- En las instalaciones de circuito cerrado, el agua de consumo pasa indirectamente por los colectores solares se distinguen dos sistemas: flujo por Termosifón y flujo forzado.

Si el sistema funciona por termosifón será la diferencia de densidad por cambio de temperatura la que moverá el líquido. Si el sistema es forzado entonces se necesitará bombas y un panel de control principal.

- Captadores solares de baja temperatura: un captador o colector solar es cualquier dispositivo diseñado para recoger la energía radiada por el sol y convertirla en energía térmica o calor.

Como captadores solares se conocen los siguientes tipos de dispositivos:

- Captadores solares de placa plana
- Captadores solares de tubos de vacío
- Captadores absorbedores sin protección ni aislamiento

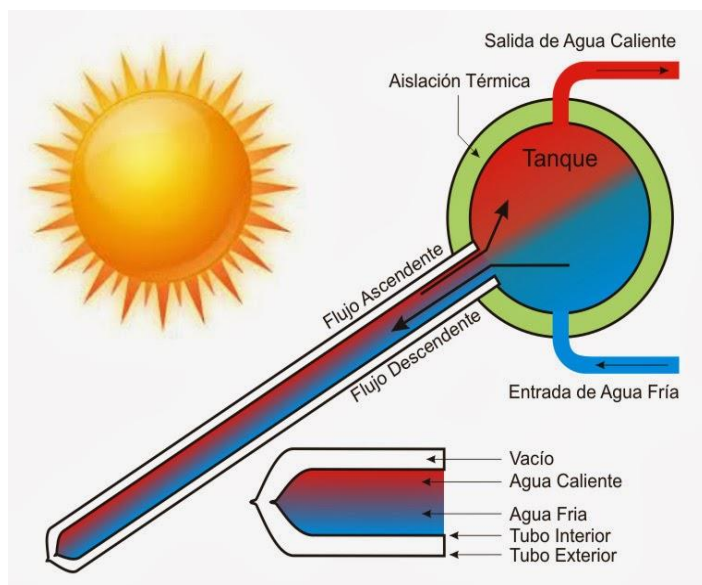
En este informe se hará enfoque solamente a los captadores solares de tubos de vacío, por ser el tipo de colector solar a utilizar en este sistema domótico aplicado a la eficiencia energética en sistemas de climatización y agua sanitaria. Se decide utilizar el captador solar de tubos al vacío por ser el más conveniente en relación a economía, sencillez y eficiencia, comparado con los de placa plana y absorbentes, como se verá a continuación.

- Sistemas de captación de panel solar de tubos de vacío: es un tipo de colector solar que aprovecha la energía solar térmica para la producción de agua caliente sanitaria, formado por colectores lineales alojados en

tubos de vidrio al vacío. El panel tiene estructura de peine, con un mástil que conduce el fluido a calentar, y una serie de tubos a modo de púas donde se produce la captación de la radiación solar.

- Concepto de funcionamiento: en el caso de los tubos de cristal al vacío o tubos termosifónicos, el agua del termotanque fluye directamente por dentro del tubo interior, y su movimiento dentro del mismo se debe al cambio de densidad del agua más caliente, la cual sube, y la menos caliente baja (efecto termosifón, vea figura 26). En este caso, la presión del termotanque se trasmite al tubo de vidrio. Estos calentadores no resisten sobrepresión y normalmente trabajan a presión atmosférica. No necesitan intercambiadores de calor, ya que calientan el líquido directamente.

Figura 25. **Efecto termosifón**



Fuente: JIMÉNEZ, Angela. *Efecto termosifón* <http://www.gasfriocalor.com>. (Consulta: 6 de noviembre de 2014).

La diferencia entre colectores planos y de tubos de vacío consiste fundamentalmente en el aislamiento en los colectores planos existen pérdidas por convección, mientras que en los tubos al estar aislados al vacío, estas pérdidas se reducen a valores en torno a un 5 %, que suponen hasta un 35 % menos con respecto a los paneles planos, permitiendo incrementar el rendimiento de forma notable, anunciándose incluso aumentos de 196 % frente a los colectores planos.

- Características importantes: los paneles de tubos suelen incorporar una placa inferior reflectante por debajo del plano de los tubos, de manera que aprovechen su forma cilíndrica para absorber la energía reflejada en la placa. En general, los tubos son más eficientes en días fríos, ventosos o nublados, donde la concentración y el aislamiento de la superficie captadora presentan ventajas sobre la mayor superficie captadora de los paneles planos.

Los tubos de vacío están compuestos por un doble tubo de vidrio, en cuyas paredes se hace un vacío muy elevado y el vidrio interior suele llevar un tratamiento con base en metal pulverizado para aumentar la absorción de radiación. Las dimensiones de los tubos son similares a las de un tubo fluorescente; en torno a los 60 mm de diámetro y 180 cm de largo.

- Componentes de captador solar de tubos al vacío.

Los colectores solares de tubos al vacío se componen de los elementos de la figura 27, descritos a continuación:

- Termotanque: recipiente útil para almacenar agua caliente sanitaria a base de termosifón, generalmente de aluminio o cobre, cubierto por una capa aislante.
- Tubos de cristal al vacío: son el componente clave del colector solar de tubos al vacío, están hechos de vidrio al vacío de alta tecnología que absorben no solamente los rayos solares directos (radiación solar directa) sino también el calor del medio ambiente del a luz reflejada (radiación solar difusiva).
- Paneles reflectores: son finas hojas reflexivas y perfiladas, fabricadas con material PVC y un acabado metalizado de aluminio. Instaladas por debajo de los tubos de cristal, sirven como un espejo que refleja el calor infrarrojo de la luz solar hacia los tubos de cristal.
- Estructura y soporte para tubos. Estructura necesaria para soportar y ensamblar todos los componentes de un colector solar.
- Cañería de agua potable. instalación de tubería necesaria para transportar el agua hacia y desde el colector solar de tubos al vacío.



Figura 26. **Componentes de un captador solar de tubos al vacío**



Fuente: JIMÉNEZ, Angela. *Efecto termosifón*. <http://www.gasfriocalor.com>. ( consulta: 6 de noviembre de 2014.

En el mercado existen tres esquemas generales de tubos de vacío: los colectores de flujo directo, los de flujo indirecto o *heat-pipe* y los de flujo indirecto sin tubo de cobre *heat-pipe*. En este proyecto se utilizará un captador solar de tubos de vacío de flujo directo, donde el fluido calo portador (agua) circula por los tubos expuestos al sol, calentándose a lo largo del recorrido. Elegido por ser el sistema más eficiente de captación solar.

## **5.2. El clima como condicionantes en el cuerpo humano**

El estado del tiempo y el clima pueden convertirse en condicionantes de las actividades humanas, llegando a afectar la comodidad, vigor, capacidad física y mental de la población activa.

Las condiciones extremas de temperatura y humedad dificultan e incluso impiden las actividades laborales e intelectuales. A lo largo del tiempo el ser humano ha experimentado modificaciones patológicas y fisiológicas, porque el hombre, como los demás seres vivos, ha de adaptarse a los límites impuestos por las condiciones climáticas y las distintas sensaciones que su organismo ha de soportar.

Pero ¿cuáles son los elementos de clima que intervienen en el organismo humano?, por un lado la presión atmosférica y sus variaciones latitudinales, por otro lado la radiación solar y por último la temperatura ejerce igualmente su acción, ya que el organismo humano depende ciertamente del mantenimiento de una temperatura interna aproximadamente de 37 °C temperatura independiente de las variaciones exteriores. Sin embargo, las heladas y olas de calor pueden provocar malestar, enfermedades o accidentes mortales, es por eso que se debe estudiar las condiciones climáticas ideales para el cuerpo humano.

#### **5.2.1. Temperatura corporal**

La temperatura corporal media en el ser humano se cifra en 37° C, entendiéndose que es la más conveniente para todo cuerpo humano. En determinados sujetos, la temperatura puede variar ligeramente unas décimas arriba o abajo, pero salvo estos casos, una variación de esa cifra se considera fiebre, y síntoma de que algo está yendo mal.

Estudios han comprobado que mantener un enfriamiento ligero global de la sangre, puede ayudar a frenar un poco el metabolismo y a parar en cierta medida la generación de radicales libres, causantes del envejecimiento y

muerte celular. Una dieta con un aporte calórico menor permitiría reducir la temperatura corporal en cierta medida y alargar la vida celular en un 20 %.

### **5.2.2. El cuerpo humano y su equilibrio térmico**

Desde finales del siglo XIX numerosos climatólogos se han encargado de intentar averiguar cuáles son las condiciones ideales para vivir, o lo que es lo mismo, cual es el umbral térmico en el que la mayoría de personas dice sentirse bien. En ocasiones este valor ideal puede verse alterado por factores psicológicos, pero fisiológicamente el cuerpo tiene mecanismos de termorregulación que se activan cuando hace demasiado frío o calor, y que no se ven alterados cuando se encuentra el equilibrio térmico.

Este equilibrio térmico, no solo depende de la temperatura, también depende de la humedad, el viento y la radiación. Al conjugarse todos estos factores se obtiene un valor de equilibrio térmico, llamada sensación térmica y la temperatura que siente el cuerpo humano, aunque la temperatura real del aire sea diferente.

A una temperatura alta, por ejemplo 40°, la sensación de calor es mayor cuanto más alta sea la humedad. Sin embargo, cuando las temperaturas son bajas, la sensación de frío también aumenta si la humedad relativa del aire está en valores muy elevados. También cabe destacar que los extremos de humedad no son buenos para la salud, ya que valores inferiores al 20 % pueden ocasionar problemas e infecciones en las vías respiratorias y humedades superiores al 80 % aumentan la proliferación de ácaros, hongos y bacterias.

Por otro lado, el viento siempre tiende a descender la sensación térmica, aunque no en todos los casos, ya que con temperaturas superiores a 40°, la sensación de calor aumenta cuanto más fuerte sople el viento.

### **5.2.3. Clima ideal para el cuerpo humano (entre 21 y 26 °C)**

Una vez tenidos en cuenta todos los factores descritos anteriormente, a lo largo del siglo XX los diferentes climatólogos han elaborado un sinfín de cartas bioclimáticas o de confort térmico. Evidentemente no todas ellas han tenido la misma acogida, pero las más aceptadas indican que con sensación térmica de entre 21 y 26 °C el cuerpo humano estará en total armonía y equilibrio con el entorno. Esto quiere decir, que un día con una temperatura real de 28 °C, pero con cielos nubosos, una humedad baja y bastante viento, será igual de confortable térmicamente hablando que otra jornada con 20 °C, humedad alta, mucho sol y viento en calma.

Sin embargo, para esta investigación se pretende tener una temperatura confortable, en la cual solo influyen la humedad y presión atmosférica, y despreciar otros datos como la radiación y velocidad del viento, que solo son importantes estando al aire libre.

Tomando en cuenta estas únicas variantes se determina que con temperaturas entre los 21 y los 26 °C y humedades comprendidas entre el 30 y el 60 %, una persona puede sentirse cómoda en su vivienda, teniendo que recurrir menos al uso de las calefacciones y aires acondicionado como suele hacerlo habitualmente, logrando la reducción del consumo de energía eléctrica.

### **5.3. Clima en Guatemala**

Guatemala cuenta con un clima muy variado, como la superficie de su suelo, por lo que lo hace un país dichoso de no tener temperaturas extremas a lo largo de todo el año. Sin embargo en la regiones de la costa atlántica y pacífica, y en regiones conocidas como tierra caliente, el clima es mucho más cálido que en el resto del territorio nacional.

En regiones de la costa atlántica, el clima es característicamente más tropical que la costa pacífica, ambas cuentan con una temperatura media anual de 30 °C, siendo más húmeda que la del Pacífico.

#### **5.3.1. Tipos de climas en Guatemala**

Regularmente el clima es templado en las mesetas y semitropical en las costas, aunque básicamente existen tres tipos de climas respecto a la temperatura:

- Clima cálido: es el clima de mayor calor en el territorio nacional, se da en lugares con elevaciones de entre 0 y 1 000 metros de altitud sobre el nivel del mar, por lo que a las regiones que tienen este clima se las conoce como tierra caliente o costa, lugares con temperaturas de entre 25° y 40 °C durante todo el año.

Por lo general las costas se encuentran en los departamentos de Escuintla y Puerto Barrios, lugares de altitudes bajas, aunque la brisa de los océanos ayuda a que no sean tan cálidas como en otros lugares. Los lugares conocidos como tierra caliente son lugares secos donde llueve poco y el terreno es bajo, como Zacapa y Chiquimula.

- Clima templado: tipo de clima con la temperatura más agradable de todo el país, se da en lugares que están entre 1 000 y 2 000 metros de altitud sobre el nivel del mar. Clima que se puede apreciar en la región central y norte del territorio nacional, en los departamentos de Guatemala, El Progreso, Chimaltenango Sacatepéquez y Baja Verapaz. Departamentos con temperaturas entre 15 y 30 °C durante todo el año.
- Clima frío: es el clima más frío en todo el país, se da en lugares que se localizan entre los 2 000 y los 3 500 metros de altitud sobre el nivel del mar. Haciéndose notar más este clima en el altiplano del territorio nacional, en los departamentos de San Marcos, Quetzaltenango, Totonicapán y Huehuetenango, durante los meses de diciembre, enero y febrero, los cuales llegan a tener en esa época temperaturas inferiores a los 15 °C.

### **5.3.2. Climatización en Guatemala**

En numerosos puntos con climas cálidos alrededor del país, las temperaturas mínimas son incapaces de descender de los 25 °C, el uso del aire acondicionado se hace indispensable para estar cómodos e incluso conciliar el sueño. Muchas veces el uso del aire acondicionado está más que justificado, pero son muchos los lugares de trabajo, estudio y hogares en los cuales el abuso de la climatización es común, y por lo tanto no se consigue que la temperatura sea confortable para el ser humano, causando, mal estado de ánimo, incomodidades y hasta enfermedades respiratorias.

#### **5.4. Sistema domótico aplicado a la eficiencia energética en climatización y ACS**

Para solventar la problemática del mal uso de sistemas de climatización en hogares guatemaltecos se diseña un sistema domótico aplicado a la eficiencia energética en sistemas de climatización y ACS, con el cual también se consigue un ahorro económico, fin primordial de esta tesis.

Este sistema será capaz de monitorear un captador solar de tubos al vacío, monitorear y controlar ventiladores y aires acondicionados instalados en un hogar, con base en información de temperatura y presencia de personas dentro de una habitación, información captada por medio de sensores adecuados.

##### **5.4.1. Descripción del proyecto**

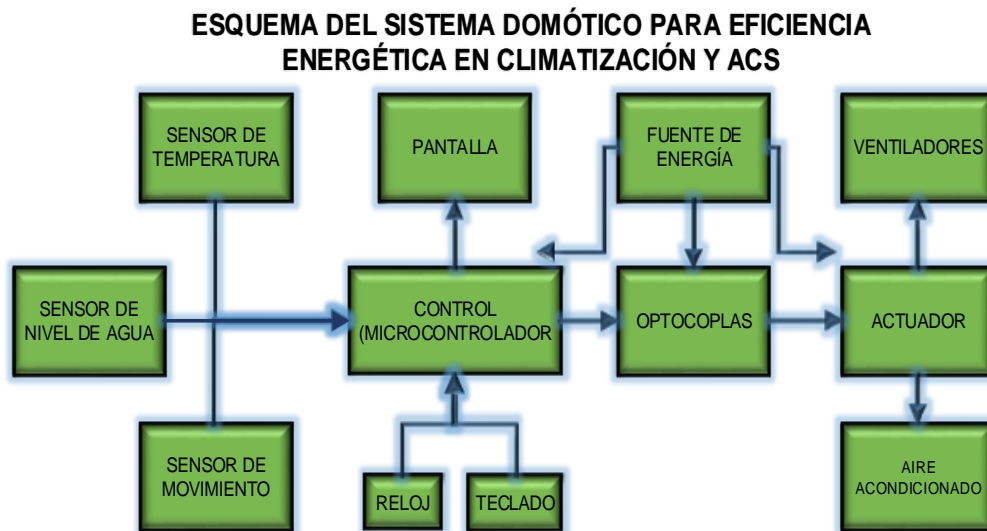
Para lograr que este sistema domótico aplicado a la climatización y ACS sea eficiente, contará con las siguientes características propias de control y monitoreo de aires acondicionados, ventiladores y un colector solar de tubos al vacío:

- Monitoreo del nivel del agua caliente: permitirá conocer la cantidad de agua caliente almacenada en el termotanque del colector solar de tubos al vacío.
- Monitoreo de la temperatura del agua caliente: permitirá conocer el valor de la temperatura del agua almacenada en el termotanque del colector solar de tubos al vacío.

- Control automático de ventiladores: permitirá el uso eficiente de ventiladores con base en la temperatura y humedad.
- Control automático de aires acondicionados: logrará mantener una temperatura ideal para el cuerpo humano de entre 21 y 26 °C independientemente de las condiciones del clima externo.

En la figura 28 se presenta el esquema del sistema domótico aplicado a la eficiencia energética de climatización y ACS en un hogar, seguido de la descripción y explicación específica de cada una de sus partes y componentes del proyecto.

Figura 27. **Esquema del proyecto**



Fuente: elaboración propia, con programa Visio 2010.

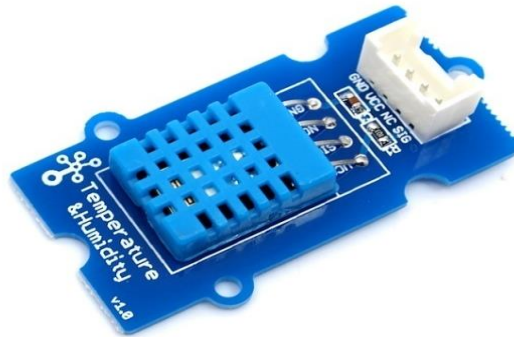


El proyecto cuenta con todos los elementos que se encuentran en el esquema anterior, ya algunos fueron descritos en el capítulo cuatro, a continuación se describen los restantes.

- Sensor de temperatura y humedad (SEE-TEMP HUM): es un sensor multifuncional que proporciona información de temperatura y humedad relativa al mismo tiempo. El sensor utilizado en este proyecto es el SEN11301P (vea figura 29), este dispositivo utiliza un sensor DHT11, que puede satisfacer las necesidades de medición de propósitos generales. Proporciona lecturas fiables en condiciones de humedad ambiente entre el 20 y 90 % de humedad relativa, y condición de temperatura entre 0 y 50 ° C, condiciones necesidades en la mayoría de aplicaciones domésticas y cotidianas como es el caso de este proyecto.

Este dispositivo se alimenta con una tensión de entre 3,3 y 5 Vcc a su entrada, proporcionando en sus dos salidas una tensión variable entre 0,1 y 5 Vcc en función de la variación de la temperatura y humedad relativa ambiente. Señales de salida que serán ingresadas a terminales analógica del módulo ADC del microcontrolador PIC 16F877A, para detectar la temperatura y humedad relativa en una habitación.

Figura 28. **Sensor SEN11301P**



Fuente: JIMÉNEZ, Angela. *Efecto termosifón*.

<http://www.electronicaembajadores.com/Productos/Detalle/1/SSHU004/modulo-sensor-humedad-y-temperatura>. Consulta: 3 de noviembre de 2014.

#### Características técnicas:

- Voltaje del trabajo: 3.3 ~ 5V
  - Rango de medición de humedad: 20 - 90% HR
  - Rango de medición de temperatura: 0 ~ 50 °C
  - Precisión de humedad:  $\pm 5\%$  de HR
  - Precisión de temperatura:  $\pm 2$  °C
  - Sensibilidad de humedad:  $\pm 1\%$  RH
  - Sensibilidad de temperatura: 1 °C
  - Período de recolección de información: 2 segundos
- 
- Sensor de temperatura de líquido: dispositivo útil para proporcionar información de temperatura del agua almacenada en el termotanque del colector solar de tubos de vacío. El sensor utilizado para este fin es el modelo SPF11050 (vea figura 30), debido a su resistencia y repelencia al agua, es el sensor ideal para este proyecto.

El sensor SPF11050 dará lecturas de entre 0 y 5 en señal analógica, señal interpretada por el microcontrolador PIC 16F877A.

Figura 29. **Sensor SPF11050**



Fuente: JIMÉNEZ, Angela. *Efecto termosifón*.

[http://www.triquitraqueando.com/tiendita/Sensor\\_temperatura\\_a\\_prueba\\_de\\_agua](http://www.triquitraqueando.com/tiendita/Sensor_temperatura_a_prueba_de_agua). Consulta: 6 noviembre de 2014.

**Características técnicas:**

- Alimentación: 3 a 5,5 Vcc
  - Rango de temperatura: -55 a 125 °C
  - Exactitud: 0,5 °C en el rango de los -10 °C a +85 °C
  - Interface: tipo 1-Wire
  - Dimensiones: 7 mm de diámetro y 26 mm de largo
  - A prueba de agua
- 
- Sensor de nivel de líquido: proporciona información del nivel de agua en el termotanque del colector de tubos al vacío. El sensor de nivel de líquido utilizado es el R-Series de acero inoxidable (vea figura 31).

Sensor cuenta con un montaje de perno SAE-5, fabricado con la longitud requerida hasta un máximo de 50 cm.

Sensor que proporciona un voltaje de 0 a 5 Vcc de salida analógica totalmente configurable, normalmente se calibra con 0,25 V vacío, 4,75 V completo, y también cuenta con un amplio rango de temperaturas de funcionamiento, rango que va desde -40 hasta 125 °C, adecuado para este sistema.

Figura 30. **Sensor R-Series**



Fuente: JIMÉNEZ, Angela. *Efecto termosifón*.

[http://www.controldevices.net/GillSensors/LiquidLevel\\_Sensors.html](http://www.controldevices.net/GillSensors/LiquidLevel_Sensors.html).

Consulta: 4 de noviembre de 2015.

#### Características técnicas.

- Material: acero inoxidable
- Alimentación: 6 a 24 Vcc
- Señal de salida: 0 a 5 Vcc
- Longitudes: de 8 a 50 cm
- Temperatura de funcionamiento: -40 a 125 °C

- Tecnología: capacitiva
- Ventiladores: dispositivo útil para desplazar el aire con el fin de transportar el calor y la humedad hacia fuera de una habitación. En este proyecto se utilizarán ventiladores de techo, vea figura 32. Son prácticos, seguros y decorativos, dispositivos controlados por el microcontrolador PIC 16F877A. Además se les utiliza tanto en interiores como en exteriores. La elección del tipo ideal depende del uso, del estilo individual y del gusto de cada uno. Los ventiladores utilizados operan con tres velocidades diferentes, velocidad controlada por la unidad de proceso central, dependiendo del nivel de temperatura y humedad en la habitación, además podrán ser encendidos de manera directa por un interruptor auxiliar.

Figura 31. **Ventilador de pared**



Fuente: JIMÉNEZ, Angela. *Efecto termosifón*. <http://ventiladores-reus-tarragona.blogspot.com/2014/04/ventiladores-techo-inthai.html>. Consulta: 6 de noviembre de 2015.

#### Características técnicas:

- Volumen de aire desplazado: 21 000 m<sup>3</sup>/h
  - Diámetro de giro: 900 mm
  - N° de palas: 3
  - Altura de trabajo: hasta 3 m
  - Superficie cubierta: 140 m<sup>2</sup>
  - Potencia absorbida: 85 w/h
  - Peso aproximado: 9 kg
- 
- Aire acondicionado: aparato útil para regular las condiciones de temperatura, humedad, limpieza y movimiento de aire en una habitación. Para fines de este proyecto se utilizará un dispositivo de aire acondicionado de pared, vea figura 33, que será controlado por el microcontrolador PIC 16F877A de la unidad de proceso central.

El dispositivo de aire acondicionado utilizado opera con dos niveles de intensidad, controlado por la unidad de proceso central y depende de las condiciones del medio en donde esté instalado.

Figura 32. **Aire acondicionado de pared**



Fuente: JIMÉNEZ, Angela. *Efecto termosifón*. <http://www.archiexpo.com/prod/aermec/wall-mounted-air-conditioners-multi-service-individual-inverter-291-247645.html>. Consulta: 6 de noviembre de 2014.

- Calentador de agua solar de tubos al vacío: dispositivo útil en el calentamiento de agua sanitaria y otros usos domésticos. En este proyecto se ha decidido utilizar el colector solar de tubos al vacío de la figura 34, por su eficiencia y fácil instalación, verificar sección 5.1.4.

Figura 33. **Colector solar de tubos al vacío**



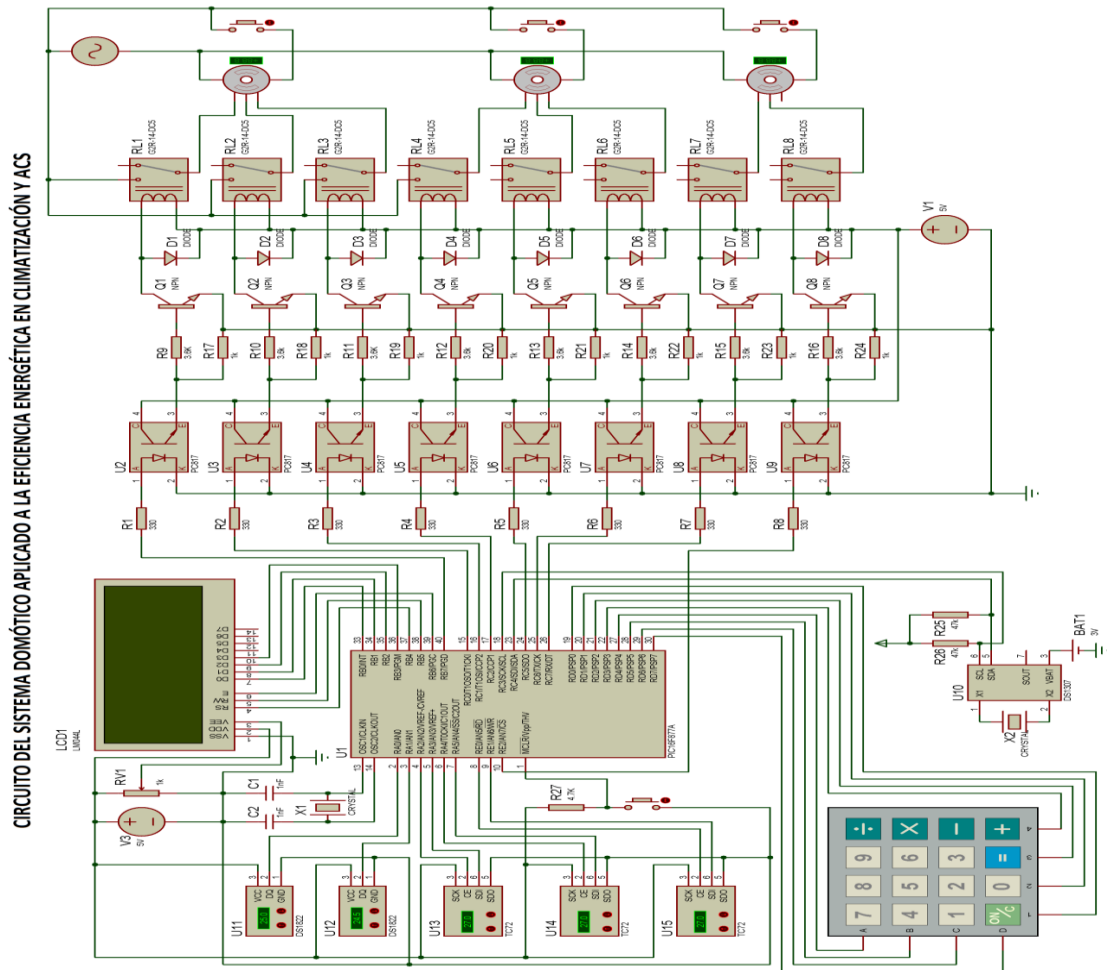
Fuente: JIMÉNEZ, Angela. *Efecto termosifón*. <http://www.eneco-ic.com/productos>. Consulta: 6 de noviembre de 2014.

#### **5.4.2. Circuitos del proyecto**

Un circuito que tiene componente eléctricos es denominado un circuito electrónico.



Figura 34. Circuito del proyecto, diseñado en Proteus 8



Fuente: elaboración propia, diseñado en Proteus 8.0.

En la figura 35 se observa el circuito del proyecto domótico aplicado a la eficiencia energética en sistemas de climatización y ACS, diseñado por software de computación (Proteus 8); circuito que contiene todos los componentes descritos en las sección 5.4.1, interconectados tal como deben ser instalados para su funcionamiento.

En el circuito se describe la conexión técnica de todos los dispositivos electrónicos, de manera que el usuario entienda el funcionamiento básico de todo el sistema domótico. A continuación se dará la conexión de cada uno de los dispositivos con los que cuenta este sistema.

- El oscilador de cristal de 20 MHz está conectado de manera directa a las terminales 13 y 14 del microcontrolador PIC 16F877A; terminales que corresponden al ingreso de la sincronía de reloj.
- La terminal de salida del sensor de nivel de agua R-Series, está conectada a la terminal 2 del microcontrolador PIC 16F877A; terminal que corresponde a la entrada análoga AN0.
- La terminal de salida del sensor de temperatura de agua SPF11050, está conectada a la terminal 3 del microcontrolador PIC 16F877A; terminal que corresponde a la entrada análoga AN1.
- Las dos terminales de salida de los tres sensores de temperatura y humedad relativa ambiente, están conectadas a las terminales 4, 5, 6, 7, 8, y 9 del microcontrolador PIC 16F877A, terminales que corresponde a las entradas análogas AN2, AN3, AN4, AN5, AN6 y AN6 respectivamente.
- El tecla de reinicio está conectada a la terminal 1 del microcontrolador PIC 16F877A; terminal que corresponde a la entrada maestra de reinicio.
- El teclado numérico matricial está conectado a las terminales 19, 20, 21, 22, 27, 28, 29 y 30 del microcontrolador PIC 16F877A; terminales que corresponden al puerto digital D.

- La tarjeta accesorio de sincronía RTC2 DS1307 está conectada a las terminales 18 y 23 del microcontrolador PIC 16F877A; terminales SCL y SDA pertenecientes al ingreso y salida de sincronía de reloj serial.
- EL módulo de opto-acopladores y actuadores está conectado a las terminales 40, 15, 16, 17, 24, 25, 26 y 10 del microcontrolador PIC 16F877A; terminales que corresponden a los puertos digitales B, C y E.
- La pantalla LCD WH2004A está conectada a las terminales 33, 34, 35, 36, 37, 38 y 39 del microcontrolador PIC 16F877A; terminales que corresponden al puerto digital B.
- Los ventiladores y el aire acondicionado están conectados a las terminales de salida del módulo de protección y potencia.

NOTA: todos los módulos poseen suministro de corriente y tierra para su funcionamiento, ya sea 5 Vcc, 12 Vcc o 120 Vac.

#### **5.4.3. Funcionamiento del proyecto**

Una vez integrado todo el sistema domótico en un circuito (vea figura 35), se explicará el funcionamiento que se espera obtener. El igual que el sistema del capítulo anterior, las explicaciones siguientes son hechas con base en resultados obtenidos en software de simulación por computadora, específicamente en el programa Proteus versión 8, por consiguiente se espera que los resultados obtenidos sean similares en condiciones reales, verificar programa Proteus versión 8 en el apéndice.

El código de programa instalado en el microcontrolador está desarrollado con el software PIC SIMULATOR IDE en el lenguaje PIC BASIC, verificar apéndice de tesis.

En el capítulo cuatro se explicó el funcionamiento del oscilador de cristal, módulo de sincronía de reloj, teclado matricial, pantalla LCD, y del módulo de potencia dispositivos también utilizados en este sistema. En este capítulo se explicará únicamente el funcionamiento del resto de dispositivos.

- Funcionamiento del sensor de nivel de agua R-Series: tiene un funcionamiento sencillo y de fácil instalación. Cuenta con tres terminales, dos utilizadas para energizar el sensor, siendo la tercera la terminal de salida de señal analógica, terminal que varía su voltaje proporcionalmente al nivel de agua almacenada en un recipiente. La terminal de señal de salida del sensor R-Series es conectada a una terminal de entrada del puerto A del microcontrolador, configurada en modo de entrada analógica y convertida a señal digital por medio del ADC.
- Funcionamiento del sensor de temperatura de agua SPF11050: su funcionamiento es básico, al igual que el sensor de nivel de agua, tiene dos terminales de polarización y una terminal analógica que varía su voltaje de salida proporcionalmente a la temperatura del agua en el que se encuentra. La terminal de salida del sensor SPF11050 es conectada a la entrada de una terminal analógica del puerto A del microcontrolador, para convertir su valor analógico a digital por el ADC.
- Funcionamiento del sensor de temperatura y humedad SEN11301P: es un dispositivo con doble función sensorial (multifuncional), que tiene la capacidad de proporcionar información de temperatura y humedad

relativa ambiente de una habitación al mismo tiempo. Tiene dos terminales para su alimentación, y dos terminales de salida, ambas análogas que cada una varía su voltaje de acuerdo al valor de temperatura y humedad relativa respectivamente, terminales de salida que son conectadas a dos terminales análogas del puerto A del microcontrolador.

- Funcionamiento del módulo de protección y potencia: dispositivo de funcionamiento e instalación fácil, controlado por terminales de salida digitales del microcontrolador. Dispositivo que posee 8 canales digitales de potencia (relevadores), con protección a base de opto-acopladores. Energizado de 5 Vcc y 120 Vac a sus terminales de suministro. Contiene 8 terminales de entrada digital, conectadas a 8 terminales de salida digital de los puertos B, C, y E del microcontrolador PIC 16F877A; cada una de las 8 terminales de entrada, maneja la salida de uno de los 8 canales de potencia, logrando con ello el control total de dos ventiladores multi-velocidades y un dispositivo de aire acondicionado regulado.
- Funcionamiento del microcontrolador PIC 16F877A con base en su programación: Luego de conocer las características del microcontrolador PIC 16F877A descritas en la sección 4.2.1, su conexión física con cada uno de los demás dispositivos del sistema domótico aplicado a la eficiencia energética en sistemas de climatización y ACS, vista en la sección 5.4.2 y el funcionamiento los demás dispositivos con que cuenta este sistema, se entenderá con mayor facilidad el funcionamiento del programa instalado en el microcontrolador del sistema domótico. El microcontrolador PIC 16F877A en función del programa instalado en él, es el encargado de controlar, el teclado matricial, la pantalla LCD, el módulo de potencia, lámparas y motores eléctricos. La fuente de poder

es necesaria para suministrarle energía eléctrica; el oscilador de cristal y el reloj le aportan sincronía.

Los sensores instalados en el termotanque del colector solar de tubos al vacío (R-Series y SPF11050), aportan información al microcontrolador a cerca del nivel y la temperatura del agua caliente almacenada, información útil para los usuarios que tendrán acceso a ella desde la pantalla LCD, donde serán mostrados.

Los sensores SEN11301P aportan información de temperatura y humedad ambiente en cada una de las habitaciones, información utilizada por el microcontrolador para tomar decisiones sobre los ventiladores y aire acondicionado.

Cada sensor SEN11301P puede ser instalado en una habitación del hogar, para fines del proyecto, este sistema cuenta con solo 3 sensores de este tipo, programados para ser instalados en un dormitorio, en la sala de estar y el último en la cocina de la casa. Cada sensor envía información de temperatura y humedad relativa ambiente en forma de señal analógica, a los puertos análogos (AN) del microcontrolador, señal que es convertida a señal digital de 10 bits por el módulo ADC del PIC 16F877A. La información digital de 10 bits obtenida, determinará el encendido e intensidad de ventiladores y aire acondicionado, de acuerdo a los estándares de temperatura y humedad mínima y máxima previamente configurados.

A continuación se explica el funcionamiento de cada uno de los sensores SEN11301P:

- El sensor SEN11301P instalado en el dormitorio, determinará en control del ventilador instalado en esta habitación.
- El sensor SEN11301P instalado en la cocina, determinará en control del ventilador instalado en esta habitación.
- El sensor SEN11301P instalado en la sala de estar, determinará en control del aire acondicionado instalado en la sala.

#### **5.4.4. Lista de componentes y presupuesto del proyecto domótico eficiente en climatización**

En la tabla XVI se detallan los precios de los dispositivos necesarios para la realización del proyecto propuesto en este capítulo.

Tabla XVI. **Presupuesto del proyecto domótico eficiente en climatización y agua sanitaria**

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción de dispositivos.</b>	<b>P/U (Q)</b>	<b>Precio (Q)</b>
1	Fuente de poder 5 y 12 Vcc.	189,00	189,00
1	Sensores nivel de agua SPF11050.	96,00	96,00
1	Sensores de nivel de agua R-Series.	150,00	150,00
3	Sensores de temperatura y humedad SEN11301P.	54,00	162,00
1	Teclado matricial.	22,00	22,00
1	Tarjera de sincronía de reloj RTC2 DS1307.	190,00	190,00
1	Pantalla LCD WH2004A.	380,00	380,00
1	Microcontrolador PIC 16F877A.	85,00	85,00
1	Oscilador de cristal 20 MHz	8,00	8,00
1	Módulo de 8 Relevadores con opto-acopladores.	145,00	145,00
2	Ventiladores de techo.	550,00	1 100,00
1	Aire acondicionado.	950,00	950,00
1	Colector solar de tubos al vacío.	6 500,00	6 500,00
1	Accesorios extras.	100,00	100,00
	<b>TOTAL</b>		<b>10 077,00</b>

Fuente: elaboración propia.



## **6. DISEÑO DE UN SISTEMA DOMÓTICO APLICADO A LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ELECTRODOMÉSTICOS**

El último factor a tomar en cuenta para lograr eficiencia energética en un hogar es el ahorro energético en aparatos electrodomésticos, dispositivos que al darles el uso adecuado contribuyen en gran medida en la reducción del consumo de energía eléctrica.

El consumo energético de una vivienda también puede reducirse significativamente a través de la elección de los electrodomésticos más eficientes, de acuerdo con un etiquetado especial denominado etiqueta energética.

Al aplicar la domótica para el ahorro energético en aparatos electrodomésticos se tomarán en cuenta conceptos y fundamentos necesarios para lograr tal beneficio sin reducir comodidad, seguridad y estética.

### **6.1. Electrodomésticos y su impacto actual en los hogares de Guatemala**

Durante las últimas décadas, el consumo de energía se ha incrementado a nivel mundial seis o siete veces. La demanda actual es mucho mayor debido a los avances tecnológicos en el campo industrial y residencial; en este último caso, principalmente por el auge de nuevos electrodomésticos para diferentes usos.

Un electrodoméstico es una máquina que realiza tareas domésticas, tanto para un hogar como para instituciones, comercios o industrias, utilizando como fuente principal de energía la electricidad.

En las últimas dos décadas los electrodomésticos se han hecho cada vez más importantes y populares dentro de las viviendas de los guatemaltecos, impactando severamente el consumo de energía eléctrica a nivel nacional. La razón por la que se han convertido tan indispensables en la sociedad guatemalteca, radica en que facilitan en gran medida la vida de las personas, al realizar tareas que antes parecían aburridas, en un tiempo menor y con una calidad superior.

El único inconveniente que tienen los electrodomésticos es su elevado consumo eléctrico, tomando en cuenta que cada vez existen más aparatos eléctricos realizando nuevas tareas, más sofisticados y de mayor consumo. La sociedad se debe educar y adoptar acciones en cuanto al alto consumo eléctrico actual.

Para hacer uso eficiente de la energía eléctrica en un hogar, lo esencial es lograr reducir el consumo en electrodomésticos, principalmente por el impacto en la economía de los hogares guatemaltecos. Además de reducir el impacto negativo que este tiene sobre el medio ambiente generado por el uso incorrecto de este recurso.

En diferentes partes del mundo se promueven constantemente campañas orientadas al uso eficiente de energía eléctrica, labor que se debería adoptar en Guatemala. Para ello se analizarán las maneras de ahorrar energía en el uso de electrodomésticos y las acciones importantes a tomar.

## **6.2. Cómo ahorrar energía en el uso de electrodomésticos**

Los principales conceptos a tener en cuenta en el ahorro de energía en electrodomésticos son los siguientes:

- Seguridad en las instalaciones eléctricas.
- Elección de electrodomésticos eficientemente.
- Modificación de hábitos en el uso de electrodomésticos.
- Sistema domótico para la gestión, control y reducción de consumo energético en electrodomésticos.

Aplicando en conjunto los cuatro conceptos anteriores se garantiza un ahorro considerable de energía utilizada por electrodomésticos, pero cabe destacar que el factor más importante para lograr una eficiencia energética es la voluntad de los usuarios de querer hacerlo.

### **6.2.1. Seguridad en las instalaciones eléctricas**

Si bien se puede tener en cuenta las recomendaciones básicas de ahorro, el estado de las conexiones eléctricas representa la plataforma sobre la cual se podrá determinar el uso adecuado de energía eléctrica en términos de economía y seguridad.

Más del 60 % de las construcciones ocupadas para viviendas en Guatemala tienen más de 25 años de construcción. Ellas no cumplen los requisitos técnicos de las instalaciones eléctricas actuales, ya que hace más de dos décadas no se previa en los planos de construcción el número de electrodomésticos promedio con los que cuentan las familias guatemaltecas actualmente. Considerando también que la cantidad de equipos eléctricos de

hoy no es paralela a los requerimientos necesarios en los hogares, todo esto se traduce en accidentes y aumento en el consumo de energía eléctrica.

Para contribuir a la disminución de riesgo de accidentes y promover la eficiencia energética en los hogares guatemaltecos, se busca orientar a la población sobre las necesidades de modernizar las instalaciones eléctricas de acuerdo a las tendencias actuales de consumo eléctrico.

Teniendo en cuenta los riesgos de accidentes eléctricos y sus posibles consecuencias a las que se esta expuestos permanentemente, es importante que las construcciones con más de 25 años de antigüedad, en especial las viviendas, cuenten con óptimas condiciones que garanticen seguridad, confianza y especialmente ahorro del consumo eléctrico en cuanto al uso de electrodomésticos de trate.

Los principales riesgos a evitar en los hogares, en cuanto a seguridad de las instalaciones eléctricas y a los usuarios se refiere son:

- Descargas eléctricas a seres humanos.
- Calentamiento de conductores eléctricos, incendios y explosiones.

Las medidas de seguridad que se deben tomar en las instalaciones eléctricas para evitar los riesgos anteriores son:

- Instalación adecuada de tierra física y pararrayos.
- Utilizar el calibre apropiado de conductores eléctricos en la instalación.
- Instalar interruptores termo-magnéticos adecuados.
- Conductores debidamente aislados y protegidos con tubería aislante.
- Evitar el uso excesivo de extensiones, adaptadores y empalmes.

- Distribución individual de circuitos.
- Instalación de quipos de alta tensión en un lugar seguro y poco accesible para los usuarios.
- Instalación debidamente señalizada, de manera que sea de fácil comprensión.
- Instalación a cargo de personal con conocimientos y experiencia.
- Realizar periódicamente mantenimiento preventivo de las instalaciones eléctricas, por medio de personal técnico calificado.
- Acceso limitado a la acometida, cajas de registro y tablero de interruptores.
- Contar con un buen diseño de la red eléctrica realizado por un profesional certificado en instalaciones eléctricas.
- Mantener al día los planos de las instalaciones eléctricas.
- Cumplir las Normas Técnicas del Servicio de Distribución (NTSD) vigentes.

### **6.2.2. Elección de electrodomésticos eficientemente**

El siguiente concepto muy importante a tomar en cuenta, en cuanto al ahorro de energía eléctrica se refiere, es la elección de electrodomésticos eficientes existentes en el mercado.

Hoy en día, los electrodomésticos no consumen tanta energía como los electrodomésticos antiguos, debido a que deben cumplir con normas mínimas federales de eficiencia energética. Estas normas han ido restringiendo el consumo energético en los electrodomésticos a través de los años, de modo que todos los electrodomésticos modernos deben consumir menos energía que los que están reemplazando.

Los electrodomésticos eficientes no solamente ahorran dinero, también son beneficiosos para el medio ambiente. Mientras menos energía se use menos plantas generadoras de energía se necesitará, lo que significa menos contaminación para el planeta Tierra. La clave está en conocer que modelos usan menos energía y cómo elegirlos. A continuación algunas sugerencias.

- Etiqueta Energy Star: los electrodomésticos con la etiqueta Energy Star son los modelos que tienen el uso de energía más eficiente dentro de cualquier categoría de productos en el mercado, y superan los estándares mínimos de eficiencia energética establecidos por la Agencia de Protección Ambiental y el Departamento de Energía. Por esta razón se debe buscar la etiqueta Energy Star de la figura 36, en los electrodomésticos elegidos antes de comprarlos. Eligiendo electrodomésticos con la etiqueta Energy Star se puede reducir hasta un 30 % el consumo de energía eléctrica, con reducciones similares en la emisión de gases de efecto invernadero por parte de las plantas generadoras, sin sacrificar funciones, estilo o comodidad.

La etiqueta Energy Star se creó principalmente para:

- Hacer fácil para los consumidores identificar y comprar productos de bajo consumo que ofrecen ahorros en las facturas de energía sin sacrificar el rendimiento, características y comodidad.
- Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes causados por el uso ineficiente de la energía.

Figura 35. **Etiqueta *Energy Star***



Fuente: *Etiquetas energy star*. <http://www.ops-servicios.es/blog/2011/03>. Consulta: 4 de diciembre de 2015.

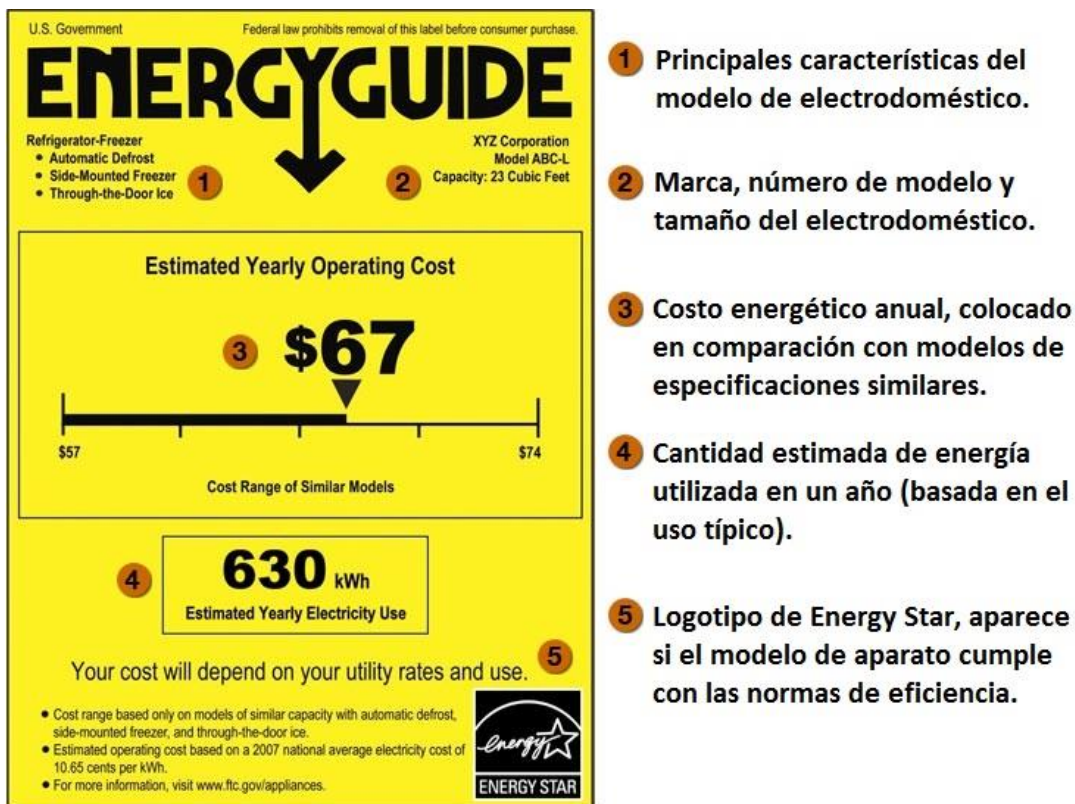
Etiqueta *Energy Guide*: es de color amarillo, debe estar instalada en la superficie de todos los electrodomésticos modernos, útil para informar a los usuarios el consumo de energía anual, costos de funcionamiento y el precio de un electrodoméstico, para luego comparar su consumo con diferentes modelos similares.

El costo en la etiqueta se basa en un precio nacional promedio de electricidad y el consumo promedio del electrodoméstico. Su costo específico dependerá del precio que pague por la electricidad y la frecuencia con que use el electrodoméstico.

Si la etiqueta *Energy Guide* incluye el símbolo *Energy Star*, significa que el artefacto es significativamente más eficiente que el modelo promedio.

- Uso de la etiqueta Energy Guide
- Paso 1: Lectura de la etiqueta Energy Guide

Figura 36. Etiqueta Energy Guide



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio.

En la figura 37 se observa una etiqueta de Energy Guide, enumerando la información clave que se debe buscar al elegir entre varios modelos similares de electrodomésticos. Es importante notificar que algunas etiquetas lucen diferentes a esta, pero todas proporcionan la misma información básica, útil al momento de elegir que electrodoméstico comprar.



- Paso 2: Determinar la recuperación de la inversión

Para calcular el tiempo en que se debe recuperar la inversión extra en el costo del electrodoméstico de alta eficiencia, en referencia a un electrodoméstico de consumo estándar, se utiliza la siguiente ecuación:

$$T_R = \frac{(P_{UE} - P_{US})}{(C_{AE} - C_{AS})}$$

Dónde:

$T_R$  = Tiempo de recuperación de la inversión extra

$P_{US}$  = Precio de la unidad estándar

$C_{AS}$  = Costo de funcionamiento anual de la unidad estandar

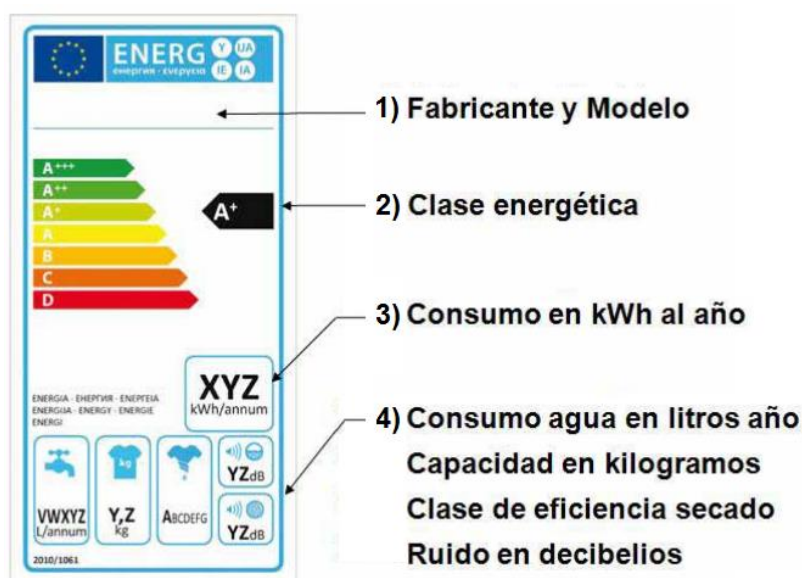
$P_{UE}$  = Precio de la nueva unidad de alta eficiencia

$C_{AE}$  = Costo de funcionamiento anual de la nueva unidad de alta eficiencia

NOTA: se deben consultar las etiquetas amarillas, Energy Guide de ambos electrodomésticos que se están considerando, para información sobre el costo de funcionamiento anual ( $C_A$ ). El resultado ( $T_R$ ), es el tiempo que toma recuperar la inversión del precio del modelo eficiente en electricidad a través de ahorros en electricidad.

- Etiqueta de eficiencia energética: etiqueta con fondo de color blanco y siete franjas con la combinación de los colores verde, amarillo y rojo, la cual debe exhibirse obligatoriamente en cada electrodoméstico puesto a la venta (vea figura 38). El objetivo de la etiqueta energética es el de informar al consumidor los valores de consumo de energía y agua del electrodoméstico, así como de las prestaciones del mismo, permitiendo conocer de forma rápida la eficiencia energética del mismo.

Figura 37. Nueva etiqueta de eficiencia energética



Fuente: *Etiquetas energy star*. <http://www.ops-servicios.es/blog/2011/03>. Consulta: 4 de diciembre de 2015.

Nota: la nueva etiqueta de eficiencia fue emitida en diciembre del 2011, y constan de cuatro partes descritas en la figura 38.

- Lectura de la etiqueta de eficiencia energética: en la figura 38 puede observarse una etiqueta de eficiencia energética enumerando la información clave a tomar en cuenta al momento de adquirir un electrodoméstico. Siendo la clase energética la más importante en cuanto a eficiencia energética se refiere, donde pueden observarse siete clases de eficiencia, categorizadas por medio de letras y colores, asignándose el color verde y la clase A+++ a los equipos más eficientes (punto de óptima eficiencia), y el color rojo y la clase G a los equipos menos eficientes. Estos últimos, llegan a consumir, el triple de energía

que los equipos de clase A+++. A pesar de que algunos modelos resulten más caros, en el largo plazo, ahorran más energía.

Los datos de la etiqueta energética se basan en ensayos determinados por las normas internacionales, a fines de establecer una comparación entre los diferentes equipos, el consumo de energía y las capacidades.

- Impacto e importancia de la etiqueta de eficiencia energética en el mercado

El etiquetado energético ha tenido un considerable impacto para que los consumidores adquieran modelos de electrodomésticos con mayor eficiencia energética. Esto se demuestra por la cuota de mercado alcanzada por los modelos de la clase A, A+, A++ y A+++, siendo esta última la más eficiente.

También ha tenido importancia la puesta en marcha de campañas que facilitan la adquisición de equipos eficientes. En Europa desde el año 2006 los programas Renove han logrado que los consumidores adquieran electrodomésticos de menos consumo energético, sustituyendo los más antiguos.

El consumo energético de los nuevos modelos es ahora un 18 % menor que en el año 2005. La presencia adecuada de las etiquetas en los puntos de venta, o la información específica en las ventas por catálogo o Internet, es crucial para influir en la educación de los consumidores hacia modelos más eficientes. No obstante todavía existen problemas en relación a ciertos grupos de productos y canales de distribución que no han adoptado la etiqueta de eficiencia energética.

### Principales beneficios de la etiqueta de eficiencia energética.

- Al medio ambiente: ayuda a elegir los electrodomésticos más eficientes y de mayor transparencia.
  - Ahorro económico a largo plazo: el precio extra que se paga por un electrodoméstico eficiente, lo se ahorra a lo largo de la vida útil del aparato.
  - Al mercado: insta a los fabricantes a elaborar cada vez electrodomésticos más eficientes.
- Adquirir el electrodoméstico del tamaño correcto: asegurarse que el aparato electrodoméstico a comprar se ajuste a las necesidades del hogar en que será puesto en uso. El uso de electrodomésticos como los aires acondicionados, refrigeradores, hornos de microondas o lámparas demasiado grandes desperdician energía y dinero. En el otro caso cuando los electrodomésticos son demasiado pequeños y están siendo sobrecargados, tienden a un mal funcionamiento, sobrecalentándose o dañándose, generando más consumo eléctrico y gasto económico.
- Cuanto sea posible elegir aparatos que funcionen con gas natural: por lo general es más eficiente quemar gas natural en el lugar donde se necesite, que en una planta generadora de energía al convierte el calor en electricidad y luego la envía a través de cables a los hogares. Siendo también menos dañino para el planeta y el calentamiento global, razón por la cual se usa con mayor frecuencia electrodomésticos como secadoras, estufas y calentadores de agua que funcionen con gas natural.

- Pensar a largo plazo: Muchos de los electrodomésticos más eficientes en el consumo de energía son más costosos inicialmente, pero le ahorrarán dinero a largo plazo. Un aparato más eficiente se pagará solo ya que las cuentas mensuales del costo de funcionamiento durante el tiempo de vida del aparato compensarán de sobra su precio de compra más alto, tal como se determinó en los tres tipos de etiquetas de eficiencia energética.

Además, los modelos más recientes de lavadoras de ropa y lavaplatos no solamente economizan electricidad, también usan mucha menos agua y pueden reducir también ese insumo y en consecuencia su costo.

Elegir electrodomésticos con una vida útil más extensa, genera un gran ahorro en los recursos no renovables, una manera ecológica de pensar.

### **6.2.3. Modificación de hábitos en el uso de electrodomésticos**

Las medidas para reducir el consumo de energía eléctrica en cuanto a los hábitos de uso que se les da a los electrodomésticos se refiere, se pueden aplicar tanto en los hogares como en las empresas, logrando ahorros de hasta el 40 % en los pagos que se realizan por este servicio, pero son pocos los consumidores que se preocupan y solicitan orientación con este propósito, a pesar de haber usuarios que protestan por los altos cobros que reciben por el servicio de energía eléctrica.

Para lograr el tan deseado ahorro en el consumo de energía eléctrica con base en los hábitos de uso de los electrodomésticos, se debe realizar un análisis del historial de consumo eléctrico y obtener orientación sobre cómo reducirlo, existen instituciones que se dedican específicamente a este campo.

Analizar el historial de consumo en un hogar, conlleva realizar un diagnóstico detallado del consumo energético histórico y los hábitos de uso actuales de cada uno de los electrodomésticos instalados. Los resultados brindarán información sobre el consumo de energía eléctrica doméstica para determinar los hábitos que elevan los pagos por el servicio de energía eléctrica.

Una vez elaborado el análisis se deben determinar las medidas que se deben aplicar para reducir el consumo eléctrico, de tal forma que se refleje en los cobros que se reciben actualmente.

Hay medidas para reducir el consumo de energía eléctrica que plantean un costo para los usuarios, como el cambio de las instalaciones eléctricas o el cambio de los mismos electrodomésticos, ya descritos en las secciones anteriores; sin embargo se logra reducir hasta un 40 % el consumo eléctrico en los electrodomésticos solamente con el cambio de algunos hábitos en el uso de los mismos.

A continuación algunos hábitos más comunes y necesarios modificar en cuanto al uso eficiente de electrodomésticos en los hogares:

- Plancha
  - Aprovechar el calor residual de la plancha, planchando las prendas que así lo ameriten.
  - Reunir la mayor cantidad de ropa para plancharla de una sola vez.
  - No dejar conectada la plancha se ahorra energía eléctrica y se evitan accidentes.

- Refrigerador
  - Instalar el refrigerador en un lugar ventilado, a una distancia de la pared de 10 centímetros como mínimo. No situarlo en cubículos o en muebles cerrados. La rejilla trasera del refrigerador debe mantenerse ventilada.
  - No utilizar la parte trasera del refrigerador para secar paños, ropa o zapatos; esto provoca un aumento en el consumo de energía eléctrica.
  - No colocar comida caliente en el refrigerador.
  - Mantenerlo el mayor tiempo posible bien cerrado.
  - No dejar que la capa de hielo de los congeladores que no cuentan con sistema *no frost* supere medio centímetro de grosor.
  - Una temperatura de 6° para el frigorífico y -18° para el congelador es suficiente para conservar los alimentos.
  - Limpiar las rejillas de ventilación para que no sean obstruidas.
- Cafetera
  - Desconectarlas cuando no se están utilizando.
  - Mantener agua caliente en termos, esto hará que se utilicen menos.
- Lavadora
  - Utilizar la lavadora con su capacidad completa.
  - Utilizarla en horas más calientes del día, ya que el 85 % de la energía que consume la lavadora la utiliza para calentar el agua (a una temperatura de entre 30° y 40° grados centígrados una lavadora gasta mucho menos energía).

- Mantener limpio el filtro de la lavadora para optimizar su funcionamiento.
- Secadora de ropa
  - Utilizar el calor del sol para secar la ropa.
  - Utilizar la secadora con su capacidad máxima.
  - Centrifugar la ropa al máximo en la lavadora para ahorrar energía durante el secado.
- Televisor o equipo de sonido
  - Apagarlos cuando no se les preste una atención especial.
  - Desconectarlos para que no queden en posición *stand By* (piloto rojo encendido).
  - Compartir los momentos de radio y televisión con amigos y familia.
  - Regula el brillo, contraste y volumen para maximizar el rendimiento.
- Computador
  - Apagar el monitor cuando lo deje de usar por un cierto tiempo.
  - Utilizar un salvapantallas negro.
  - Utilizarlos en modo de ahorro de energía en todo momento.
  - Desconectar cargadores cuando no se estén siendo utilizados.



- Horno de microondas
  - Usarlo para calentar porciones pequeñas de alimentos, para un máximo de 4 personas.
  - Precalentar el horno únicamente cuando se indique y por el tiempo necesario para que adquiera el calor requerido.
  - Calentar varios alimentos a la vez.
  - Evitar abrir la puerta del horno innecesariamente mientras esté en funcionamiento. Si se hace, que sea por el menor tiempo posible.
  - No utilizarlo para calentar cantidades muy pequeñas, preferible contar con un horno pequeño.
  - Aprovechar el calor residual del horno, utilizarlo de manera continua.
  - Hacer el mayor número de comidas frías por semana (ensaladas).
  - No utilizar el horno para hervir agua y hacer café, preferible utilizar una cafetera.

Entre otros hábitos y revisiones que se deben realizar para comprobar que el consumo de energía eléctrica en un hogar está siendo eficiente son las siguientes:

- Apagar y desconectar todo electrodomésticos que no se estén utilizando.
- Observar el medidor sin ningún consumo dentro del hogar, si este gira o marca consumo como si hubiese algún aparato encendido, existen fugas; llamar a un técnico ya que se está perdiendo energía, además de correr un riesgo.

#### **6.2.4. Uso racional de los electrodomésticos**

El uso racional de los electrodomésticos comprende el control y gestión del funcionamiento de los mismos. Es un concepto utilizado por la domótica en la gestión, control y reducción del consumo energético por electrodomésticos.

Entre las acciones más importantes que se pueden tomar para racionalizar el uso de electrodomésticos están:

- Programar su funcionamiento en horarios en los que el precio de la energía eléctrica es menor (periodo valle).
- Gestión, detección y desconexión de los electrodomésticos que estén en modo de consumo en espera (*Stand By*).
- Programación de la desconexión de circuitos eléctricos no prioritarios a cierta hora del día (como por ejemplo, desconexión de tomacorrientes en cocinas, salas o recamaras).
- Programación del uso residual de los recursos energéticos antes de alcanzar la potencia requerida.

Para lograr un uso racional de los electrodomésticos, se acude a la domótica aplicada a este campo, pero realmente poco se puede realizar, ya que en Guatemala no se cuenta con una tarifa variable del precio de energía en cuanto al horario del día.

### **6.3. Sistema domótico aplicado a la eficiencia energética en electrodomésticos**

Para reducir la problemática del mal gasto de energía eléctrica, debido al mal uso que se les da a los electrodomésticos en los hogares guatemaltecos, se diseña un sistema domótico que ayude a controlar y gestionar electrodomésticos de una manera más eficiente. De acuerdo a lineamientos lógicos de uso previamente establecidos por el usuario, se consigue y reduce el consumo de electrodomésticos en modo de consumo en espera.

Este sistema será capaz de desconectar circuitos eléctricos no prioritarios a cierta hora del día, monitorear y controlar tomacorrientes que tengan electrodomésticos en modo de consumo en espera.

#### **6.3.1. Descripción de proyecto**

Para alcanzar los objetivos propuestos de reducir el consumo eléctrico en electrodomésticos, este sistema contará con las siguientes características de control y monitoreo sobre la red eléctrica.

- Distribución de tomacorrientes afines a los usos: cada tomacorriente dentro de la casa será utilizado para electrodomésticos que compartan aplicaciones similares y horario de uso.
- Despliegue de tomacorrientes conectados y desconectados: para monitorear todos los tomacorrientes, se tendrá un control en el sistema de cuales están activos y cuáles no.

- Configuración del horario de conexión y desconexión de cada uno de los tomacorrientes.
- Conexión y desconexión manual de cada tomacorriente desde la unidad de proceso central.

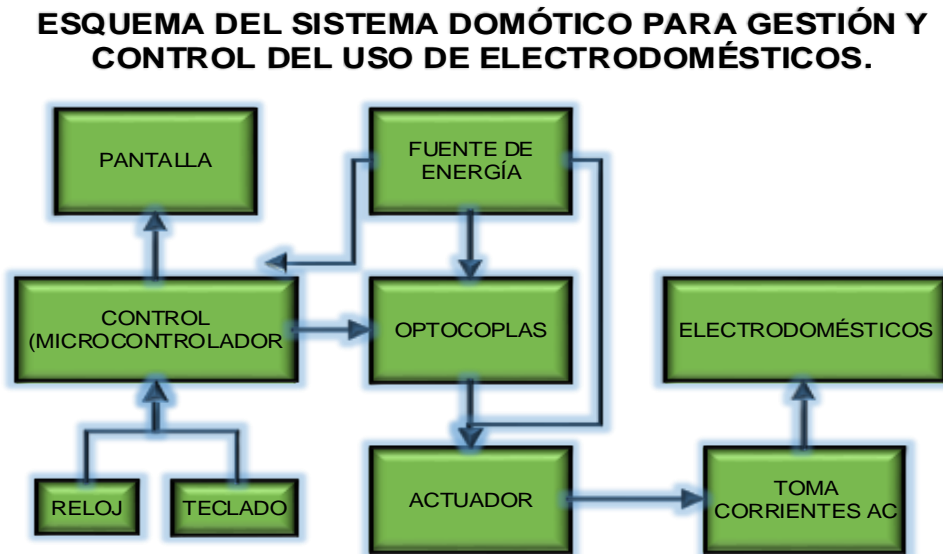
Cada una de las características de los incisos anteriores con que cuenta este sistema domótico será descrita detalladamente en el resto del capítulo seis.

Con este sistema domótico realmente es poco lo que se puede realizar; al no existir en Guatemala una tarifa variable del precio de energía en función del horario pico de su uso, no se puede establecer un control exacto de la hora ideal en que deberían funcionar los electrodomésticos para generar menos monto en la factura eléctrica.

Otra observación realizada en la red eléctrica residencial es el nulo impacto económico de la corrección del factor de potencia, esto debido a que las empresas encargadas de la distribución y cobro de este recurso no cuantifican ni cobran la energía reactiva consumida, por tal razón es innecesario instalar equipo sofisticado para la reducción de consumo de energía reactiva.

En la figura 39 se muestra el esquema del sistema domótico para gestión, control y reducción de consumo energético en electrodomésticos, seguido de la descripción y explicación específica de cada una de sus partes y componentes.

Figura 38. Esquema del proyecto



Fuente: elaboración propia, con programa Visio 2010.

El proyecto tiene todos los elementos que se encuentran en el esquema anterior, ya la mayoría fueron descritos en el capítulo cuatro, a continuación se describirán únicamente los restantes.

- Toma corrientes AC: dispositivo necesario para conectar todo tipo de aparato eléctrico de corriente alterna, en el sector domiciliario de Guatemala estos dispositivos distribuyen corriente alterna de 120 V AC a una frecuencia de 60 Hz.

Los utilizados en este proyecto son tomacorrientes dúplex de marca bticino, con tres contactos, uno para la línea viva (abertura lineal más corta), otro para la línea de retorno (abertura lineal más larga) y la tercera para polarización de tierra física (abertura semicircular), vea figura 40.

Figura 39. **Tomacorriente dúplex**



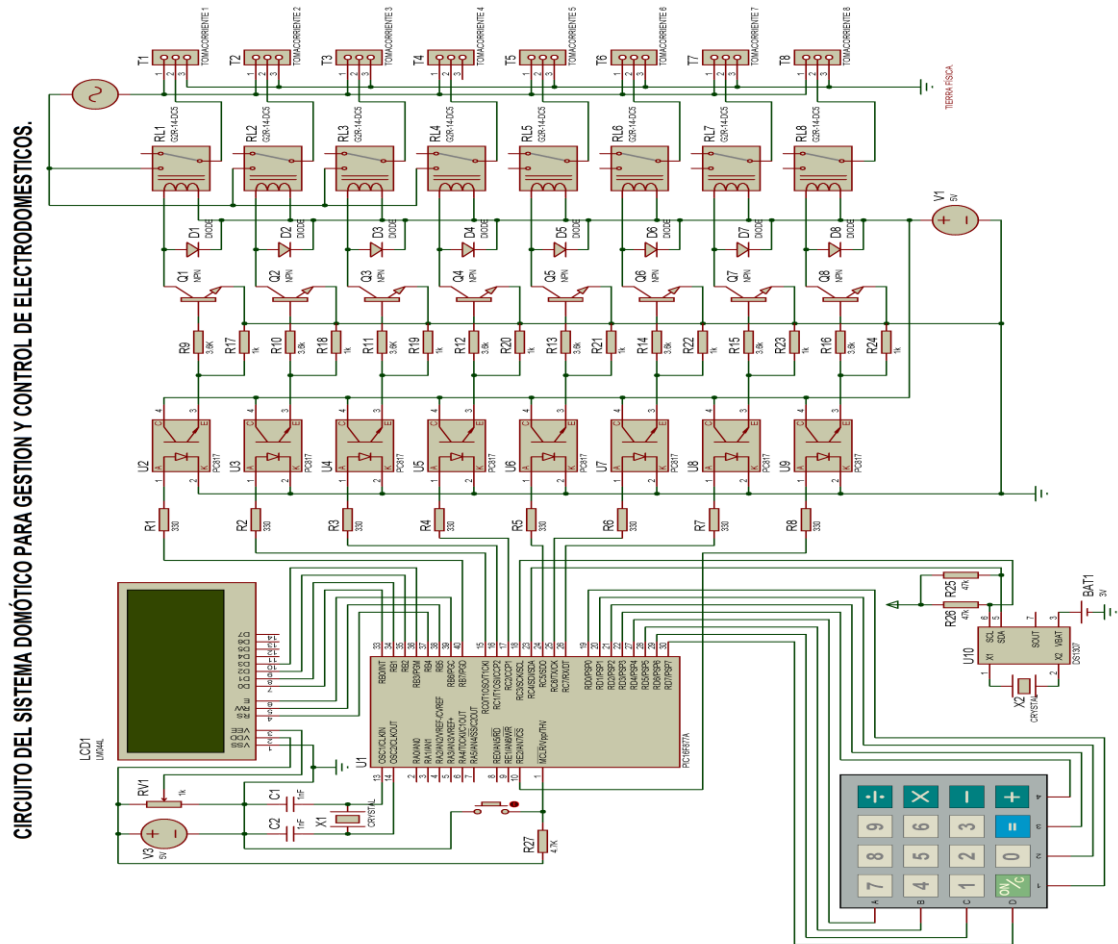
Fuente: *Gestiones electrónicas*. <http://www.celasa.biz>. Consulta: 4 de enero de 2015.

- **Electrodomésticos:** Todo equipo o maquina eléctrica que realiza una o varias tareas domésticas rutinarias en un hogar. De acuerdo a su afinidad se pueden clasificar en las siguientes categorías:
  - **Línea marrón:** conjunto de electrodomésticos de audio y video, generalmente útiles para el entretenimiento de los usuarios.
  - **Línea blanca:** conjunto de electrodomésticos vinculados a la cocina y limpieza del hogar.
  - **Pequeñas aplicaciones de electrodomésticos:** conjunto de varios electrodomésticos, generalmente utilizados para el mantenimiento de la casa, preparación alimentaria e higiene y belleza.

### 6.3.2. Circuito del proyecto

Circuito de red eléctrica, interconexión de dos o más componentes, tales como resistencias, inductores, condensadores, fuentes, interruptores y semiconductores .

Figura 40. Circuito del proyecto, diseñado en Proteus 8



Fuente: elaboración propia, diseñado en Proteus 8.0.

En la figura 41, se observa el circuito del proyecto domótico para gestión y control de electrodomésticos, diseñado por software de computación (Proteus 8); diagrama que contiene todos los componentes del esquema de la sección 6.3.1, interconectados tal como deben ser instalados para su funcionamiento.

En el circuito se describe la conexión técnica de todos los dispositivos electrónicos, de manera que el usuario entienda el funcionamiento básico de todo el sistema. A continuación se describe la conexión de cada uno de los dispositivos con los que cuenta este sistema.

- El oscilador de cristal de 20 MHz está conectado de manera directa a las terminales 13 y 14 del microcontrolador PIC 16F877A; terminales que corresponden al ingreso de la sincronía de reloj.
- El tecla de reinicio está conectada a la terminal 1 del microcontrolador PIC 16F877A; terminal que corresponde a la entrada maestra de reinicio.
- El teclado numérico matricial está conectado a las terminales 19, 20, 21, 22, 27, 28, 29 y 30 del microcontrolador PIC 16F877A; terminales que corresponden al puerto digital D.
- La tarjeta accesorio de sincronía RTC2 DS1307 está conectada a las terminales 18 y 23 del microcontrolador PIC 16F877A; terminales SCL y SDA pertenecientes al ingreso y salida de sincronía de reloj serial.
- EL módulo de optoacopladores y actuadores está conectado a las terminales 40, 15, 16, 17, 24, 25, 26 y 10 del microcontrolador PIC 16F877A; terminales que corresponden a los puertos digitales B, C y E.



- La pantalla LCD WH2004A está conectada a las terminales 33, 34, 35, 36, 37, 38 y 39 del microcontrolador PIC 16F877A; terminales que corresponden al puerto digital B.
- El contactor de línea viva de los ocho tomacorrientes están conectados a las terminales de salida del módulo de protección y potencia; el contactor de retorno de cada tomacorriente está conectado a la línea de retorno en el tablero de distribución y registro eléctrico; y el otro de tierra física de cada tomacorriente está conectado al sistema de polarización de tierra física.

NOTA: todos los módulos poseen suministro de corriente y tierra para su funcionamiento, ya sea 5 Vcc, 12 Vcc o 120 Vac.

### **6.3.3. Funcionamiento del proyecto**

Teniendo en la figura 41 el circuito del sistema domótico integrado se podrá explicar el funcionamiento que se espera obtener con él. Todas las explicaciones siguientes serán realizadas con base en los resultados obtenidos en software de simulación por computadora, específicamente en el programa Proteus versión 8, por consiguiente se espera que los resultados obtenidos sean similares en condiciones reales, verificar programa Proteus versión 8 en el apéndice de tesis.

El código de programa instalado en el microcontrolador está desarrollado con el software PIC SIMULATOR IDE en el lenguaje PIC BASIC, verificar apéndice en trabajo de graduación. En este capítulo se explicará únicamente el funcionamiento del módulo de protección y potencia y módulo de control.

- Funcionamiento del módulo de protección y potencia: dispositivo de funcionamiento e instalación fácil, controlado por terminales de salida digitales del microcontrolador.

Dispositivo que cuenta con 8 canales digitales de potencia (relevadores), con protección con base en optoacopladores. Energizado de 5 Vcc y 120 Vac en sus terminales de suministro. Contiene 8 terminales de entrada digital, conectadas a 8 terminales de salida digital de los puertos B, C, y E del microcontrolador PIC 16F877A; cada una de las 8 terminales de entrada, maneja la salida de uno de los 8 canales de potencia, logrando con ello el control de 8 tomacorrientes AC, cada uno utilizado para conexión de electrodomésticos con aplicaciones afines o ámbitos similares.

- Funcionamiento del microcontrolador PIC 16F877A con base en su programación: teniendo la conexión física y funcionamiento del resto de componentes que conforman este sistema domótico para gestión y control de uso de electrodomésticos, incluida las características de microcontrolador PIC 15F877A, se explica con mayor facilidad el funcionamiento del programa instalado en el microcontrolador PIC.

En función del programa instalado en el microcontrolador, este es el encargado de gestionar el teclado matricial, pantalla LCD, módulo de potencia y tomacorrientes eléctricos. La fuente de poder es necesaria para suministrarle energía eléctrica a todo el sistema; el oscilador de cristal y el reloj le aportan sincronía.

Este sistema domótico no cuenta con ningún tipo de sensores, su funcionamiento se basa en un sistema de control sin retroalimentación, su y en la configuración realizada por la lógica de funcionamiento óptimo del usuario.

Este sistema cuenta con ocho tomacorrientes eléctricos distribuidos en ocho áreas afines a la conexión de electrodomésticos con aplicaciones similares. Cada área tendrá conectados electrodomésticos que son lógicamente más probables de funcionar en las mismas circunstancias o necesidades del hogar, con un funcionamiento simultáneo o en horarios similares.

Las ocho áreas de distribución para los tomacorrientes eléctricos serán:

- Tomacorriente 1 (sala): se conectarán televisores, equipos de sonido, consolas de juego, reproductores de video y otros accesorios.
- Tomacorriente 2 (cocina): podrán conectarse estufas, hornos microondas, licuadoras, refrigeradores y procesadores de alimentos.
- Tomacorriente 3 (lavandería): utilizadas con lavadoras, secadoras y planchas.
- Tomacorriente 4 (parqueo): podrán conectarse motores, bombas de riego, taladros y soldadores.
- Tomacorriente 5 (baño): para calentadores de agua, secadoras y planchas de cabello.
- Tomacorriente 6, 7 y 8 (dormitorios): podrán conectarse computadores, monitores, celulares y demás accesorios personales.

La configuración del sistema contempla conexión y desconexión de cada uno de los tomacorrientes, de acuerdo al horario y día de la semana que serán utilizados los electrodomésticos conectados a cada uno de ellos. Basándose en

una buena configuración y el buen uso del sistema, aparte de contribuir con un consumo energético eficiente, también ayudará a inculcar buenos hábitos a los usuarios en cuanto a orden y disciplina se refiere.

Cada tomacorriente, además de ser controlado por el sistema de desconexión eficiente, podrá ser conectado de forma manual por el usuario, de manera que podrá ser utilizado en circunstancias que difieran de las condiciones configuradas en el sistema.

NOTA: cabe mencionar que cada área también cuenta con tomacorrientes directos no controlados, por lo que se sugiere conectar una regleta múltiple en los tomacorrientes que cuentan con la gestión del sistema, si se requiere que varios electrodomésticos queden bajo el control de desconexión eficiente.

#### **6.3.4. Lista de componentes y presupuesto del proyecto domótico eficiente en electrodomésticos.**

En la tabla XVII se detallan los precios de los dispositivos necesarios para la realización del proyecto propuesto en este capítulo.

Tabla XVII. **Presupuesto del proyecto domótico eficiente en uso de electrodomésticos**

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción de dispositivos.</b>	<b>P/U (Q)</b>	<b>Precio (Q)</b>
1	Fuente de poder 5 y 12 Vcc.	189,00	189,00
1	Teclado matricial.	22,00	22,00
1	Tarjera de sincronía de reloj RTC2 DS1307.	190,00	190,00
1	Pantalla LCD WH2004A.	380,00	380,00
1	Microcontrolador PIC 16F877A.	85,00	85,00
1	Oscilador de cristal 20 MHz.	8,00	8,00
1	Módulo de 8 Relevadores con opto-acopladores.	145,00	145,00
8	Tomacorrientes dúplex.	22,00	176,00
1	Accesorios extras.	100,00	100,00
	<b>TOTAL</b>		<b>1 295,00</b>

Fuente: elaboración propia.



## **7. SEGURIDAD ELÉCTRICA, SISTEMA DE MEDICIÓN Y OTRAS COMODIDADES**

La energía eléctrica, desde su invención y escalonada a través del tiempo, ha ido aportando grandes adelantos técnicos y científicos, indiscutiblemente de gran beneficio para la humanidad. Beneficio traducido a lujos y comodidades muchas veces innecesarios que lo único que hacen es incrementar el valor de la factura eléctrica mensual. Conjuntamente con los grandes beneficios, la energía eléctrica conlleva gran cantidad de riesgos para los mismos beneficiarios.

### **7.1. Seguridad eléctrica**

Consiste en la reducción del riesgo de accidentes que se presenten en una instalación que involucre la utilización de equipos eléctricos, o trabajos expuestos a la electricidad. Los accidentes eléctricos causan daño físico a una persona o equipo eléctrico, así como causar una gran pérdida económica derivada de incendios causada por accidentes eléctricos.

Los accidentes eléctricos se producen por varios motivos, los más comunes son la imprudencia, negligencia, desconocimiento o ignorancia. Cada motivo puede ser resultado de muchos factores o circunstancias como por ejemplo: fallos humanos o técnicos, falta de corrección y prevención o simplemente por averías externas.

Los principales riesgos eléctricos son:

- Ausencia de energía: causadas por fallos a daños a la red local o interna.
- Contacto directo en red domiciliar: causadas principalmente por fallas de aislamiento o ausencia de sistema de puesta a tierra.
- Contacto directo de alta tensión: contacto de personas o animales con conductores activos de alta tensión, causado por la ausencia de distancia o aislamiento.
- Cortocircuitos: falla generada por el contacto de dos conductores sin aislamiento, generando chispas.
- Equipos defectuosos: se originan por falta de mantenimiento en equipos eléctricos, mala instalación o uso.
- Arco eléctrico: originada por malos contactos, cortocircuitos, apertura de interruptores con carga o descuidos en las distancias de seguridad.
- Sobrecargas: generalmente originadas por violar los límites nominales de equipos eléctricos o por incumplir normas en las instalaciones.

La razón más importante para lograr una seguridad eléctrica radica en la prevención de daños o incluso la muerte de personas, por lo que se estudiarán los efectos que causa la corriente eléctrica sobre el cuerpo humano.

#### **7.1.1. Efectos de la corriente eléctrica en el cuerpo humano**

Estos efectos dependen de los siguientes factores:



- La intensidad de la corriente
- La resistencia del cuerpo humano
- El tiempo que el cuerpo esté sometido al contacto eléctrico
- El recorrido que lleve la corriente por el cuerpo
- Frecuencia de la corriente
- Forma en la que se produzca el accidente
- Capacidad de reacción de la persona

Tabla XVIII. **Efectos de la corriente el cuerpo humano**

Valor de corriente	Efecto	Motivo
De 1 a 3 mA	Percepción	El paso de la corriente produce cosquilleo. No existe peligro.
De 3 a 10 mA	Electrificación	El paso de la corriente produce contracciones involuntarias de músculos y pequeñas alteraciones del sistema respiratorio.
De 10 a 15 mA	Tetanización	El paso de la corriente produce contracciones musculares, agarrotamientos, y otros.
De 15 a 25 mA	Paro respiratorio	Si la corriente atraviesa el cerebro.
De 25 a 30 mA	Asfixia	Si la corriente atraviesa el tórax.
Mayor a 30 mA	Fibrilación ventricular	Si la corriente atraviesa el corazón.

Fuente: elaboración propia.

Dependiendo de los factores anteriores, la corriente eléctrica podrá provocar accidentes más o menos graves sobre el cuerpo, y uno de los factores más importantes, es la cantidad de corriente que fluye sobre él. Para ello se

muestra la tabla XVIII, la descripción de los efectos que produce los distintos niveles de intensidad de corriente.

Otros efectos secundarios o indirectos que puede causar la corriente en el cuerpo con quemaduras, lesiones oftálmicas o embolias.

### **7.1.2. Medidas de protección para la seguridad eléctrica**

- Cortar todas las fuentes de tensión cuando se realicen trabajos en instalaciones eléctricas.
- Proporcionar equipo de protección a personal técnico cuando trabajen en una instalación eléctrica.
- Delimitar el área de trabajo en una instalación eléctrica.
- Separación de elementos activos a una distancia considerable de espacios habitables.
- Recubrimiento o aislamiento apropiado de las partes activas.
- Interposición de obstáculos que impidan contacto accidental entre partes activas de la instalación.
- Puesta a tierra de las masas.
- Instalación de interruptores magneto térmicos.

### **7.2. Medidor de energía eléctrica**

Toda instalación o sistema, ya sea eléctrico o electrónico que presuma lograr una eficiencia energética, debe contar con el equipamiento necesario de medición para demostrar su presunción. El equipo de medición debe por lo menos ser capaz de medir la energía activa real en Kilovatio hora, devengada a la red eléctrica comercial, dato importante para comprobar el funcionamiento real del sistema.

El sistema propuesto en en la investigación, cuenta con un generador de energía fotovoltaica y todo un sistema domótico que promete lograr una eficiencia energética en sistemas de iluminación, climatización y electrodomésticos; para demostrar su objetivo, posee con un medidor eléctrico monofásico bidireccional, capaz de medir la energía fotovoltaica generada volcada a la red de distribución eléctrica comercial, así como la energía proveniente de ella para el consumo interno del hogar.

Cabe mencionar que el medidor eléctrico monofásico bidireccional es proporcionado por el distribuidor de energía eléctrica, según el artículo 39 de la Resolución CNEE-227-2014, que cumple con los requisitos técnicos del CNEE como estabilidad, alta durabilidad, alta capacidad de sobrecarga y baja pérdida de energía.

Con el medidor eléctrico bidireccional instalado en la acometida eléctrica se puede comprobar la eficiencia energética obteniendo la cantidad de energía eléctrica en Kilovatio hora facturada por la compañía de distribución. Al realizar la diferencia entre la energía devengada a la red de distribución eléctrica comercial en Kilovatio hora, y la energía fotovoltaica generada volcada a la red eléctrica también en Kilovatio hora.

#### **7.2.1. Funciones básicas del medidor eléctrico monofásico bidireccional**

Para que el medidor cumpla con las tareas descritas anteriormente, por lo menos debe tener las siguientes funciones básicas.

- Mostrar en tiempo real parámetros como el voltaje, corriente, potencia, factor de potencia y frecuencia.

- Medición bidireccional de la energía total activa y de la energía en reserva del banco de baterías.
- Indicar el estado de funcionamiento de la red eléctrica por medio de un indicador led.

### 7.2.2. Lectura del medidor eléctrico bidireccional

Si se tiene un sistema fotovoltaico para inyección de energía a la red eléctrica es necesario e importante leer el medidor de energía bidireccional, ya que será quien indique cuan beneficioso son los esfuerzos realizados en eficiencia energética. Aparte de ser el instrumento de cobro utilizado por la compañía de distribución eléctrica, por lo que su funcionamiento y lectura debe ser la correcta.

Dependiendo del tipo de contador instalado por la compañía de distribución eléctrica, los datos se presentarán de manera distinta, pero todos son de fácil lectura y comprensión. El medidor eléctrico bidireccional más común instalado en los sistemas fotovoltaicos en Guatemala son los *Itron Sentinel* (vea figura 42), modelo del que se explicará su lectura y comprensión, sin embargo el resto de modelos tienen una lectura idéntica o similar.

Figura 41. **Medidor eléctrico bidireccional “Itron Sentinel”**



Fuente: *Etiquetas energy star*. <http://www.ops-servicios.es/blog/2011/03>. Consulta: 4 de diciembre de 2015.

Lo primero que se debe observar es el indicador led, al estar prendido reporta que el sistema está inyectando energía a la red eléctrica nacional de manera correcta, de no ser así se debe revisar porque el sistema fotovoltaico no está funcionando correctamente.

Lo siguiente es observar los tres datos que despliega la pantalla LDC, indican la cantidad de energía que circula a través del medidor y la energía que debe ser cobrada por el distribuidor, a continuación la descripción de los datos.

El primer dato indica la cantidad de energía consumida de la red de distribución eléctrica, o energía en Kilovatio hora que el cliente ha comprado a la compañía de distribución. En la figura 43 se observa que el cliente ha comprado a la compañía de distribución 2056 Kwh en energía consumida.

Figura 42. **Energía consumida de la red eléctrica**



Fuente: KOPSA, Parker. *Energy*. <http://www.ecocentro.mx/medidores-bidireccionales>. Consulta: 4 de enero de 2015.

El segundo dato indica la cantidad de energía inyectada a la red de distribución eléctrica o energía en Kilovatio hora que el cliente ha producido con el sistema fotovoltaico de paneles solares. En la figura 44 se observa que al cliente ha producido 3 355 Kwh de energía limpia, energía que ya fue inyectada a la red de distribución eléctrica.

Figura 43. **Energía inyectada a la red eléctrica**



Fuente: KOPSA, Parker. *Energy*. <http://www.ecocentro.mx/medidores-bidireccionales>. Consulta: 4 de enero de 2015.

Por último, el tercer dato indica la diferencia entre la energía consumida de la red de distribución eléctrica y la energía producida por el sistema de paneles solares ya inyectada a la red de distribución eléctrica en Kilovatio hora, es decir el saldo de energía que el usuario debe a la compañía encargada de la distribución eléctrica. En la figura 45 se observa un saldo negativo de 1 299 Kwh, dato que indica que la compañía de distribución eléctrica le debe a su cliente, energía que este puede consumir para reembolsar su inversión, debido a que no existe remuneración en efectivo por parte de la compañía distribuidora de energía eléctrica.

Figura 44. **Saldo de energía que debe al proveedor**



Fuente: KOPSA, Parker. *Energy*. <http://www.ecocentro.mx/medidores-bidireccionales>. Consulta: 4 de enero de 2015.

Una vez explicada la lectura y comprensión de un medidor eléctrico bidireccional se puede concluir que no es de mucha utilidad instalar un sistema

fotovoltaico de paneles solares que genere energía superior a la consumida por el usuario. Esto debido al artículo 40 de la resolución CNEE-227-2014, el cual estipula que los usuarios con excedentes de energía eléctrica (UAEE) no recibirán ningún tipo de pago en efectivo por la energía eléctrica inyectada al sistema de distribución.

También se podrá concluir la eficiencia energética real de todo el sistema domótico, al comparar el consumo energético en Kilovatio hora histórico del hogar *versus* el consumo generado al tener instalado uno, varios o todo el sistema domótico completo expuesto en esta tesis. El reporte de consumo generado por el medidor eléctrico bidireccional debe comprobar el funcionamiento real y no teórico de todo lo que se explicó con palabras durante los capítulos anteriores.

### **7.2.3. Otras comodidades en el hogar que consumen energía eléctrica**

Existe una gran cantidad aparatos eléctricos nuevos, que la tecnología ha introducido a la sociedad, aparatos que en la última década se han popularizado exponencialmente a nivel mundial, y sin darse cuenta se han adquirido ya sea por lujo o necesidad, pero lo cierto es que han aportado gran comodidad en hogares, oficinas y negocios. Pero otras veces solo hacen aumentar el valor de la factura eléctrica mensual.

La introducción en la sociedad de los nuevos inventos tecnológicos, además de aportar comodidad a los usuarios, también aportan consumo eléctrico, que en consecuencia aumentan el gasto económico para el usuario y el impacto negativo al medio ambiente.

Lamentablemente la globalización y consumismo hacen que las personas dejen por un lado el factor de incremento energético que aportan los nuevos inventos tecnológicos, razón por la cual se hará una breve descripción de las nuevas comodidades que consumen energía eléctrica a veces innecesariamente, con el único propósito de generar conciencia social en la comunidad guatemalteca moderna.

Entra las nuevas comodidades que consumen energía eléctrica adicional en los hogares se pueden destacar las siguientes:

- Portones eléctricos
- Sistema de cámaras de vigilancia
- Sistema de alarmas
- Máquinas de ejercicios
- Videojuegos
- Podadoras eléctricas
- Equipos de limpieza y otros

La mayoría de los equipos eléctricos anteriores ya no son ajenos en la sociedad guatemalteca, y por esta razón no parece extraño que en los hogares ya se cuente con algunos de ellos. Es tanto la popularidad de las nuevas tecnologías, que hay personas que las adquieren por el simple hecho de querer competir con vecinos, amigos, compañeros o familiares, generando un consumo eléctrico mayor, muchas veces innecesario.

Por tal razón, antes de adquirir cualquier equipo que genere alguna comodidad extra, se debe analizar conscientemente si realmente aporta beneficio a corto, mediano y largo plazo, de lo contrario únicamente aportará un consumo y cobro excesivo mensual.



## **8. IMPACTO NEGATIVO QUE CAUSA LA GENERACIÓN Y EL MAL USO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA**

Este último capítulo describe el impacto negativo que causa la generación y uso de energía eléctrica, tanto a la economía global como al medio ambiente, que no por ser tema del último capítulo es menos importante; tema del cual todos deberían comprender lo que en realidad conlleva tener el servicio eléctrico en casa, servicio que actualmente muchas personas no aprecian como debieran hacerlo, y la razón es muy sencilla, nacieron y crecieron con este servicio al punto de no notar su presencia, pero irónicamente si su ausencia.

### **8.1. Impacto ambiental**

Efecto que produce la actividad humana sobre el medio ambiente, el concepto puede extenderse a un fenómeno natural.

#### **8.1.1. Nuestro planeta Tierra y el medio ambiente**

El planeta Tierra se formó hace unos 4 000 millones de años, no mucho después que naciera la estrella más cercana el Sol, y hasta el momento no se conoce en el universo uno similar y que se encuentre habitado por las maravillosas formas de vida que pueblan nuestro planeta, ni siquiera que exista vida aún en las formas más primitivas que ella puede tomar.

Si el planeta Tierra es como un milagro en el universo, y por ahora el único lugar donde se puede vivir, ¿no se tendría, especialmente las autoridades con poderes de decisión, que cuidarlo como un tesoro vital e irremplazable?

Ninguna de las formas de vida que aparecieron y evolucionaron en la superficie de este pequeño planeta azul desde su formación, dañaron o pusieron en peligro su pura y singular naturaleza. Los cambios ocurrían por obra de los agentes naturales de origen gravitatorio, atmosférico, volcánico u oceánico, y cada tanto por obra del impacto de asteroides y cometas de todo tamaño. Ese paraíso natural duró hasta hace tan solo unos pocos siglos, tiempo en que el hombre comenzó a explotarlo intensamente para mejorar su forma de vida, con la ayuda creciente del conocimiento científico aplicado en la tecnología, pero sin control alguno para evitar o minimizar los daños producidos.

La alteración y destrucción de los sistemas ecológicos que integran la atmósfera terrestre comenzó y se agrava año tras año de forma acelerada, sin que se vislumbre claramente que esa conducta suicida de la humanidad tenga fin en el corto, mediano o largo plazo.

Por medio ambiente se entiende todo lo que rodea a un ser vivo, el entorno que afecta y condiciona las circunstancias de vida en un planeta.

### **8.1.2. Impactos negativos causados al medio ambiente**

La tecnología actual consume grandes cantidades de energía eléctrica, normalmente generada por una planta de energía que convierte otras clases de energía en energía eléctrica, en la que cada método de generación tiene ventajas y desventajas, pero casi todos plantean preocupaciones medioambientales.

A continuación se analizan los efectos negativos causados al medio ambiente por los métodos más populares de generación eléctrica, y el uso excesivo de esta.

- Tecnología sin control (más destrucción). Casi todas las actividades humanas acarrearán daños sobre algún sistema biológico del planeta, y en general los daños son mayores en profundidad y extensión cuanto más avanzados son los medios tecnológicos utilizados en ellas, sobre todo cuando las autoridades responsables de cuidar esos sistemas no ejercen regulación alguna que proteja el ambiente y la salud humana. Para satisfacer sus crecientes necesidades y deseos, el hombre fue tomando a ritmo creciente recursos de la tierra, alterando la fisonomía del planeta, al tiempo que también desplaza de sus ambientes naturales a muchas especies animales, llegando a aniquilar una cantidad de ellas. El proceso destructivo se va acelerando directamente proporcional a la población mundial, que ha crecido desmesuradamente en el último siglo.
- Cuanta más energía eléctrica se consume, mayores son los daños. Cuando las actividades humanas incluyen formas de producir o consumir energía intensivamente, los daños ocasionados son mayores. Esto es así ya que para acceder, extraer, transportar y utilizar las fuentes energéticas, se producen elementos que dañan la naturaleza, incluyendo al mismo hombre.

Si se analiza el crecimiento mundial de la producción y uso de energía eléctrica en los dos últimos siglos y se coteja con la destrucción del medio ambiente ocurrida en ese lapso, se confirma más allá de toda duda el impacto negativo causado al planeta. Como puede comprobarse durante este tiempo, las fuentes naturales de energía eléctrica han sido ríos, lagos, costas y

bosques, recursos naturales que anteriormente estaban en un estado de pureza y abundancia relativas al presente. Hoy en día, los cursos de agua como ríos, lagos y el mar han sido brutalmente alterados, mostrando una lamentable contaminación producto indudablemente de las actividades de generación de energía eléctrica.

El grueso de los bosques a nivel mundial ha desaparecido, y junto con ellos preciosas formas de vida animal en peligro de extinción, y lo que es peor, la sociedad actual no se sorprende de ello, dado que no se conoce la naturaleza de aquellos años.

- Contaminación producida por fuentes de energía eléctrica. Se lista a continuación actividades vinculadas con la energía eléctrica, que producen en mayor o menor grado de contaminación y alteración de ecosistemas.
  - Para obtener amplios espacios a fin de construir y transportar energía eléctrica de centrales hidroeléctricas, mareomotrices, térmicas, solares, geotérmicas, nucleares, eólicas y fotovoltaicas, el hombre ha destruido por talado o quemado enormes superficies de bosques naturales, provocando de esta manera también la desaparición de gran parte de la fauna que las poblaba.
  - Extracción de carbón mineral o hulla en las minas, para la generación de electricidad a través de centrales termoeléctricas, sobre todo en las explotaciones superficiales a cielo abierto, ha contaminado y desfigurado extensas regiones.

- Destilerías de petróleo, para la generación de electricidad a través de centrales termoeléctricas, arrojan diariamente al aire y al agua cantidad de desechos que son tóxicos para animales terrestres, aves y peces.
- Toda planta termoeléctrica, donde se produce energía eléctrica con la quema de combustibles, cualquiera que ellos sean, contaminan especialmente la atmósfera con sus emanaciones. Entre otros efectos nocivos, han ocasionado la muerte de millones de ejemplares de árboles que poblaban hermosos bosques del hemisferio norte, como consecuencia de la lluvia ácida causada por muchas centrales generadoras, al arrojar a la atmósfera compuestos de azufre que al combinarse con la humedad del aire forman ácidos, los que retornan a la tierra arrastrados por las lluvias.
- Plantas hidroeléctricas, consideradas por mucho tiempo como inocuas, alteran el curso de los ríos, pudiendo reducir hasta la extinción a algunas de sus especies acuáticas, perturbando su navegación, creando extensos embalses donde se desarrollan peligrosas especies de parásitos, entre otras.
- Tendido de cables de transmisión eléctrica aérea y subterránea, de miles de kilómetros, ha alterado extensos ecosistemas debido a los trabajos de construcción, creando en muchos casos un obstáculo al libre movimiento de valiosas especies animales, desde mamíferos hasta insectos.

- Centrales nucleares de generación eléctrica. Son las que menos contaminan cuando funcionan dentro de las estrictas normas que organismos internacionales de seguridad han establecido para el efecto, al no emitir compuestos químicos que contaminen la atmósfera, el agua o las tierras, como ocurre con las centrales termoeléctricas. Pero por otra parte, estas centrales nucleares crean el difícil problema de qué hacer con los residuos altamente radioactivos que su operación genera, al tener que extraerse y darle algún destino no peligroso al combustible nuclear ya agotado, que ya no puede dar más energía térmica al reactor. Los materiales radiactivos son peligrosos debido a que sus emisiones son altamente penetrantes y descomponen los tejidos vivos, desencadenando tarde o temprano tumores cancerosos. A los residuos radiactivos se les suele encapsular en contenedores especiales de acero y otros materiales, que garantizan su estanqueidad por mucho tiempo, pero el problema surgirá de aquí a unos siglos o milenios, cuando los recipientes se perforen por acción química o sean aplastados por movimientos tectónicos, y esos materiales comiencen a derramarse e incorporarse a la tierra, el agua e incluso la atmósfera. Aun cuando se resuelva el problema de desechos radioactivos, quedan todavía dos de remota pero no imposible ocurrencia.
- Que se pierda el control del reactor en operación por fallas en los dispositivos de control, provocando un masivo escape de material radiactivo a la atmósfera, que normalmente terminará depositándose en la tierra y las superficies de agua, sometiendo quizás a numerosas poblaciones a su letal efecto. Pero también es cierto que mientras miles de grandes centrales termoeléctricas e hidroeléctricas han estado contaminando sin pausa el medio ambiente de diversas formas, protagonizado catástrofes con la pérdida de miles de vidas.

- Que materiales fisionables sean substraídos de las centrales y luego utilizados por terroristas para la fabricación de armas nucleares de destrucción masiva, sean ellas bombas termonucleares o dispositivos que dispersan esos materiales altamente radiactivos sobre vastas áreas pobladas.
- Contaminación radioeléctrica. Cuando por un conductor circula una corriente eléctrica, se genera energía irradiada alrededor de él, estableciéndose dos campos de fuerzas:
- El campo eléctrico, dado por la diferencia de potencial eléctrico entre los extremos del conductor, que es el que impulsa la corriente o sea el desplazamiento de electrones por el conductor;
- El campo magnético, que aparece siempre que una corriente circula por un conductor.

El funcionamiento de casi todos los aparatos que sustentan la sociedad actual, generan o utilizan energía eléctrica que implica la utilización de esos dos campos de fuerzas.

La intensidad de cada uno de esos campos es proporcional a la intensidad de la corriente, y es distinta en cada punto del espacio alrededor del conductor. Cuando la corriente mantiene una intensidad constante, esos campos son también de intensidades constantes. Pero si la intensidad de la corriente varía, como ocurre en el caso típico de la corriente alterna, donde el movimiento de electrones cambia de sentido e intensidad periódicamente, los campos cambian también de sentido y de intensidad acorde con las variaciones de la corriente eléctrica.

Se llama contaminación radioeléctrica, a los efectos dañinos que pueden provocar sobre los seres vivos los campos electromagnéticos muy intensos y prolongados en las frecuencias de las corrientes que se distribuyen en la red eléctrica de 50 o 60 Hz. Por supuesto, el principal objeto de preocupación son los seres humanos. Aunque la industria de la generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica y las dedicadas a la radiofrecuencia, no admiten en general los efectos nocivos de esos campos, la cantidad de denuncias de afectados con distintas dolencias crece continuamente, siendo el principal efecto que se le atribuye, es el de provocar cáncer de cerebro, según investigadores que sostienen la tesis de que esas radiaciones son maligna.

Para disminuir la contaminación radioeléctrica deben crearse normas preventivas que limiten las intensidades de los campos electromagnéticos provocados por los sistemas de transmisión en alta tensión y estar alejados de lugares habitados. Aunque el verdadero problema residiría en asignar quién controle su cumplimiento.

Además de los efectos señalados, imputados a radiaciones de frecuencias relativamente bajas como las nombradas en el párrafo anterior, existen otros causados por la radiación electromagnética de muy alta frecuencia, como los rayos X y los rayos gamma.

- Adiós a las estrellas. Es un problema para los que gustan de contemplar o estudiar el cielo nocturno, porque el humo del aire sobre las ciudades es fatal, absorbiendo una buena parte de la luz débil que llega a la Tierra desde el espacio, sobre todo porque refleja parte de la intensa de luz que envían hacia el cielo las fuentes luminosas de las grandes ciudades.



Las fuentes luminosas son casi siempre de potencia excesiva comparada con la requerida en cada caso específico. Los artefactos de iluminación utilizados no son diseñados ni instalados racionalmente, dado que envían sin necesidad gran parte de su luz hacia arriba, en vez de hacia abajo, donde se halla el terreno que se quiere iluminar.

- El calentamiento global del planeta debido a la intensificación del efecto invernadero. Es un serio problema que está sufriendo la superficie de la Tierra, en especial los continentes, mares y la atmósfera del planeta, aparentemente debido sobretodo a la creciente incorporación a la atmósfera de varios gases producidos por la actividad humana, que retardan el escape de la energía calórica proveniente del sol al espacio exterior, alterando así el balance térmico de aquélla y produciendo en consecuencia un sostenido ascenso de su temperatura, con graves consecuencias sobre la naturaleza.

Para empezar a ver el tema se advierte que el efecto invernadero en su forma natural existe en la Tierra desde hace quizás miles de millones de años, en virtud de que la atmósfera que lo envuelve existe desde entonces. La atmósfera actúa como un suéter, abrigo o frazada, que retiene calor mayormente solar en su superficie, manteniendo en ella una escala de temperaturas que ha permitido el desarrollo de la vida.

El grave problema que se está produciendo en la Tierra es que el abrigo proporcionado por la atmósfera al planeta aumenta a raíz del uso intensivo de energía, y la consecuente incorporación de gases en ella, que retienen una cantidad de calor que antes escapaba al espacio exterior, por lo cual la temperatura promedio se va elevando.

Puede decirse que el calentamiento global consiste en que el calor que la Tierra recibe del sol, más la que ella misma emite desde su interior y la que las actividades humanas producen. Se le llama efecto invernadero a este fenómeno, porque es de alguna manera similar a lo que se produce en un invernadero para el cultivo de plantas, en donde la temperatura interior es superior a la del aire que lo rodea, aún en días muy fríos, contruidos para proteger del frío y viento a ciertas plantas que no lo soportan.

El efecto invernadero en su forma natural ha existido desde mucho antes de la aparición del hombre en la Tierra, manteniendo en cada época un cierto rango de temperaturas medias, con lentas variaciones a través del tiempo, y en ese equilibrio se han desarrollado todas las formas de vida conocidas, el hombre incluido. El problema ha surgido desde que la tecnología permitió al hombre una utilización cada vez mayor y más diversa de los agentes energéticos, que casi siempre generan gases cuyo efecto invernadero se suma a los naturales que ya existían, aumentando así la temperatura media de la atmósfera, además de ser gases con efectos dañinos sobre la salud de los seres vivos.

Los principales gases de efecto invernadero que las actividades humanas agregan en cantidades crecientes a la atmósfera son:

- Halocarbonos: compuestos del elemento carbono con elementos alógenos como el flúor y el cloro. Se usan en los aerosoles, o como agente refrigerante en heladeras, acondicionadores de aire, y otras.

- Metano: compuesto de los elementos carbono e hidrógeno ( $\text{CH}_4$ ). Es el gas del petróleo que se quema con aplicaciones de calefacción, generación de energía eléctrica, cocina, industria petroquímica, y otras.
- Dióxido de carbono: compuesto de los elementos carbono y oxígeno ( $\text{CO}_2$ ). Resulta de la respiración animal y de la quema de todo tipo de combustible que contenga carbono, tal como los hidrocarburos, carbón mineral y vegetal y actividades volcánicas. Gas que ha existido siempre en el aire, pero ahora su cantidad crece.
- Óxido nitroso: compuesto de los elementos nitrógeno y oxígeno. En parte se produce por la descomposición en la atmósfera bajo la acción de la luz solar, de residuos gaseosos de la combustión de los hidrocarburos, y por ciertas prácticas agrícolas, como el uso de abonos nitrogenados.

Nota: Es importante destacar que el  $\text{CO}_2$  de la atmósfera, por su comparativamente alta concentración, es hoy el principal agente del notable incremento del efecto invernadero. De aquí se ve la importancia que tiene la conservación de toda forma de vida vegetal, los bosques en primer lugar.

- La disminución de la capa de ozono en la atmósfera. Es otro grave fenómeno que debe preocupar a personas y sobre todo a autoridades responsables de todo el mundo.

La capa de ozono es una difusa zona de la alta atmósfera terrestre donde existe una pequeña pero importante cantidad de gas  $\text{O}_3$ , encargada de retener

o filtrar la radiación ultravioleta en la justa proporción como para no dañar la vida de la biósfera. La disminución periódica anual de su densidad entre los meses de agosto y noviembre observado en las últimas décadas, avanza de manera creciente y con mayor intensidad en torno de ambos polos, pero principalmente sobre el continente Antártico y los mares que lo circundan.

Este fenómeno es atribuido a la liberación masiva de gases tóxicos en el aire, tales como los halocarbonos, producidos artificialmente por el hombre para ciertos usos, y otros gases generados por las plantas electrotermias, que tienen la propiedad de destruir las moléculas de ozono transformándolas en oxígeno, gas que no posee la capacidad de reducir la radiación ultravioleta.

- La sobrepoblación. Para plantear el problema de sobrepoblación se harán las siguientes preguntas: ¿Puede una nave espacial aumentar indefinidamente el número de sus tripulantes por reproducción descontrolada de los mismos, sin que ello acarreea funestas consecuencias? Está claro que no, porque los recursos con que la nave está dotada no alcanzarían para la creciente población. ¿Podrían los tripulantes fumar, dispersar dentro de la nave otras sustancias nocivas, sin que el medio que les sirve de sustento sea dañado? Es evidente que no.

En el planeta Tierra está ocurriendo una situación análoga planteada en las preguntas anteriores, si se considera que el planeta Tierra es en cierto sentido como una maravillosa gran nave cósmica, que vaga por el hostil espacio, sosteniendo variadas y numerosas formas de vida, cuya masa total queda limitada por los recursos de los cuales ha sido dotada. Si no se toman serias medidas correctivas a las trágicas consecuencias de sobrepoblación actuales, pueden ser aún peores.

- Agotamiento de recursos energéticos. Consecuencia del alto uso de recursos energéticos no renovables como los combustibles fósiles y minerales, que están actualmente van disminuyendo a pasos agigantados, siendo cada vez menor la reserva de los mismos.

De todos los recursos energéticos no renovables son las reservas de uranio, gas natural y petróleo las que presentan un menor nivel de recursos, razón por la que son tecnologías que reciben una mayor penalización, ante su previsible escasez o agotamiento.

Los efectos negativos causados en todos los ámbitos al medio ambiente del planeta Tierra, no puede continuar, y deben ser revertidos urgentemente para volver a niveles aceptables, si es que aún se valora la salud y vida que brinda el planeta Tierra a todo ser que en él habita. Para lograr ese impostergable objetivo se debe imponer ya mismo todas las medidas correctivas extremas existentes y futuras con tal propósito. Hay organismos oficiales y privados de carácter nacional e internacional que desde hace años luchan para por lo menos impedir el agravamiento de este mal mundial.

Desgraciadamente hay factores que retardan la toma de medidas efectivas:

- La falta de acción de los gobiernos del mundo por ignorancia, indiferencia o corrupción de sus funcionarios, lo que no tendría que ocurrir sobre todo en países que más contaminan.
- La falta de acción popular, causada por la ignorancia o indiferencia de la sociedad, sobretodo de personas con estudios superiores,

quienes tendrían que ser los primeros en tomar conciencia de este problema.

- El alto costo de los cambios técnicos requeridos para reducir las contaminaciones, sobre todo en las grandes potencias mundiales, que son las que poseen los mayores consumos energéticos y por lo tanto las que más contaminan, y también las que más influyen sobre las políticas a seguir.

## **8.2. Impacto económico**

En todo el mundo el uso de energía es uno de los principales motores del crecimiento económico y en Guatemala no es la excepción. Como resultado de ello, las políticas que afectan al sector de la energía eléctrica tienen un impacto sobre el resto de la economía nacional.

### **8.2.1. Impactos negativos causados a la economía familiar**

Como usuarios finales de la energía eléctrica es obvio que el uso excesivo de energía eléctrica domiciliar, afecta directa e indirectamente la economía familiar, razón por la que se debe hacer conciencia en el uso de energía eléctrica.

Los efectos negativos causados a la economía familiar son la principal razón por la que fue creada esta tesis, enfocándose específicamente en la reducción del consumo eléctrico por medio de la domótica aplicada a la eficiencia energética domiciliar.

Existen impactos negativos en la economía familiar causados por factores directos e indirectos al consumo de electricidad, pero que indudablemente causan desestabilización económica en la sociedad. A continuación se analizan los efectos negativos más relevantes, causados en la economía familiar, por el consumismo eléctrico.

- Valor elevado de la factura de servicio eléctrico. Cuanta más energía se consume, mayor será el cobro en la factura de servicio eléctrico mensual. Razón por la cual todo consumo eléctrico en Kilovatio hora de un hogar será reflejado en el total de energía consumida.

El exceso en el consumo eléctrico de los hogares guatemaltecos está dado principalmente por la cantidad de aparatos eléctricos que se tienen en un hogar y el uso indebido de cada uno de ellos. Afectado mayoritariamente por el alto consumo específico de energía y el tiempo en que cada uno es utilizado. La mayoría de veces, cuando las personas pagan su recibo de consumo de energía eléctrica, no se detienen a analizarlo y si bien tienen a la vista la cantidad de Kilovatio hora consumido, no comprenden su significado. Sin embargo, es importante conocer el consumo de los diferentes equipos y aparatos con que se cuenta y así saber cuál es el gasto real de energía, con el único fin de entender los costos extras y lo más importante, como evitarlo.

Cada uno de los aparatos eléctricos que se usan en el hogar consume diferentes cantidades de energía, dependiendo de su potencia y de cuánto tiempo se utilicen al día o a la semana, o de otras condiciones.

¿Qué es lo que más causa consumo extra de energía eléctrica en un hogar? Aunque no parezca, son los focos, porque el 90 % de la energía de un

foco incandescente se convierte en calor y el 10 % restante es luz, la luz es por lo tanto un subproducto.

En la tabla XIX se describen los aparatos más comunes que causan consumo extra en un hogar moderno, al estar en modo de consumo en espera (*stand by*), consumo que se podría evitar desconectándolos. Se describe la potencia en watts, consumo anual en Kilovatio hora, el gasto anual en quetzales y la producción de CO<sub>2</sub> de cada uno, tomando como base el precio de la energía eléctrica de 1 578 el Q/Kwh (Fuente: CNEE).



Tabla XIX. **Consumo eléctrico de aparatos en *stand by***

Electrodoméstico	Potencia en Stand-by (w)	Consumo anual (Kwh)	Gasto anual (Q)	CO2 producido (Kg)
Aparatos de audio, video, ocio				
TV CRT 32"	6	53	83,63	34,20
TV LCD 37"	2	18	28,40	11,40
TV plasma 42"	3	26	41,03	17,10
DVD	4	35	55,23	22,80
Video	8	70	110,46	45,60
Decodificador satélite	7	61	96,26	39,90
Decodificador digital	5	44	69,43	28,50
Consola de juego	4	35	55,23	22,80
Teléfono inalámbrico	4	35	55,23	22,80
Radio despertador	7	61	96,26	39,90
Cadena de música	6	53	83,63	34,20
Aparatos de ofimática				
Ordenador	5	44	69,43	28,50
Portátil	4	35	55,23	22,80
Monitor CRT	3	26	41,03	17,10
Monitor LCD	1	9	14,20	5,70
Router	8	70	110,46	45,60
Impresora	8	70	110,46	45,60
Altavoces de PC	3	26	41,03	17,10
Aparatos de cocina				
Microondas	4	35	55,23	22,80
Máquina del café	5	44	69,43	28,50
<b>TOTALES</b>	<b>97</b>	<b>850</b>	<b>1 341,30</b>	<b>553</b>

Fuente: KOPSA, Parker. *Energy*. <http://www.ocu.org/vivienda-y-energia/nc/calculadora/consumo-en-stand-by>. Consulta: 5 de enero de 2015.

- Inflación por agotamiento y escasez de recursos no renovables. es problemática causada por los siguientes tres factores básicos:
  - Las fuentes de energía no renovables del planeta Tierra son finitas y erosionables, de los cuales la Tierra ya ha sufrido merma o extinción de algunos, al haberse deteriorado suficientemente sus

recursos ciclos y procesos. Gran cantidad de los recursos no renovables han sido agotados, además muchos de los renovables ya no tienen la capacidad de regeneración original, debido al deterioro de los elementos básicos de sus ecosistemas de soporte como suelos, clima o vegetación.

- La constante pugna del ser humano por la búsqueda incesante de crecimiento exponencial de muy baja ecoeficiencia, que desborda los límites de la Tierra. Ninguna fuente de energía finita sufre un consumo creciente de sus recursos naturales, por parte de una especie que crece exponencialmente tanto en población como en sus demandas materiales y energéticas.
- Desfase en la respuesta de la civilización ante la proximidad de los límites aceptables de recursos de la Tierra, o respuesta tardía de acciones que reviertan la disminución excesiva de estos recursos, o al menos la detengan. Se siguen fiando y pensando bajo las mismas claves de un ecosistema clásico. Es decir, se confía en la capacidad inventiva de la especie humana para introducir nuevas tecnologías que resuelvan los problemas, pero la velocidad de los acontecimientos supera la capacidad de respuesta humana, así como la capacidad del modelo económico actual.

En términos económicos convencionales, las consecuencias de los tres factores básicos anteriormente descritos, producen escasez de recursos energéticos que terminarán por convertirse en inflación y estancamiento económico, afectando indirectamente la economía familiar por el alza de precios de productos de consumo diario. Por si fuera poco ejercen un efecto perverso que acelera el encarecimiento de materia prima en el mercado, que a su vez

hace aún más rentable explotar yacimientos energéticos que antes no lo eran, precipitando aún más el agotamiento de recursos.

### **8.2.2. Impactos negativos causados a la economía mundial**

La energía eléctrica es uno de los principales recursos para impulsar el crecimiento económico global, pero su mal uso también puede causar impactos negativos en la economía mundial.

- El alto costo de la contaminación. No se dispone de información fidedigna acerca de cuánto cuesta a la humanidad los aspectos negativos del uso de la energía eléctrica, pero se estima que es con seguridad del orden de muchas decenas de miles de millones de dólares anuales. Estos costos se distribuyen principalmente entre los siguientes rubros:
  - La pérdida de valiosos recursos naturales en la tierra o las aguas de ríos y lagos, sobre todo en el ámbito de las vidas animal y vegetal.
  - Los costos en atención médica demandada por el enorme número de enfermos con cáncer, enfermedades cardíacas, afecciones respiratorias, envenenamientos, atribuidos a la contaminación ambiental.
  - Las pérdidas de trabajo productivo como consecuencia de enfermedades, o por simples reducciones de la capacidad laboral, provocadas por alguna forma de contaminación.

- Los despilfarros de energía que se producen cuando se la utiliza innecesariamente o con bajo aprovechamiento.
- Los incalculables gastos que de manera creciente demanda la lucha contra la contaminación.

Altos costos de campañas en contra de la contaminación.

Actualmente existen instituciones u organizaciones independientes o autónomas, más conocidas como organización no gubernamental (ONG), que intentan frenar los altos índices de contaminación y proteger el medio ambiente, en su mayoría financiadas por los gobiernos o entidades extranjeras en países con los más altos índices de contaminación. Organizaciones que no consiguen tener mayor éxito en su objetivo, sin embargo generan costos elevados en sus campañas.

Todas las entidades a nivel mundial que buscan proteger el medio ambiente de cualquier tipo de contaminación y destrucción se encuentran a cargo de voluntarios que comparten la misma visión y misión, personas que operan sin el fin de lucro. Pero toda ONG necesita recursos para funcionar en pro de su objetivo, tal financiamiento la pueden obtener de voluntarios individuales o empresa particulares, pero en su mayoría proviene de donaciones de gobiernos locales o internacionales.

Las organizaciones más relevantes a nivel mundial que buscan conservar el medio ambiente o por lo menos frenar su destrucción son:

Centro Internacional de Enlace Ambiental (ELCI). ONG de grupos de base comunitaria fundado en 1975 en *Nairobi*, Kenia. Sus objetivos se orientan a

promover la voz y fortalecer la comunicación y cooperación entre ONG's orientadas al medio ambiente. El ELCI mantiene un estrecho contacto con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Tiene como miembros a 850 organizaciones en 103 países.

Amigos de la Tierra (AT). Originalmente una organización holandesa, actualmente es una red internacional que coordina 68 organizaciones ecologistas en el mundo. Su fin es respaldar y desarrollar políticas y medidas de acción en defensa del ambiente, y persuadir a los gobiernos, empresas u organismos internacionales a modificar sus programas, proyectos y actividades, en busca de este objetivo.

Greenpeace internacional (GI). Fundada en 1971 en Vancouver, Canadá, sus objetivos son identificar las actividades humanas que pueden afectar el equilibrio ecológico y llevar adelante campañas en defensa del medio ambiente, primordialmente de la Antártida. Opera en 40 países, donde se complementa con organizaciones autónomas locales.

Federación Internacional de Periodistas Ambientales (FIPA). Fundada en octubre de 1993 en Dresden, Alemania, tiene miembros individuales y organizaciones nacionales de periodistas en más de 90 países. El objetivo de la federación es la difusión sobre ecología, manejo ambiental, conservación de la naturaleza y desarrollo sustentable, a través de todas las vías de informaciones veraces y libres de cualquier presión.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Fundada en 1972 en Estocolmo, Suecia su objetivo es coordinar, dirigir y alentar actividades relacionadas con el medio ambiente, asistiendo a los países

en la implementación de políticas medioambientales adecuadas así como fomentar el desarrollo sostenible.

Movimiento Mundial por los Bosques Tropicales (WRM). Fundado en 1986 en Montevideo, Uruguay. Es una red internacional de organizaciones del Sur y Norte, comprometidas con la defensa de selvas tropicales del mundo. Su principal objetivo es asegurar la tenencia de tierras y los medios de sobrevivencia de los pueblos que habitan en ellos, apoyar sus esfuerzos para combatir la tala comercial, represas, minería, explotación de petróleo, colonización y otros proyectos que los ponen en peligro.

Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF). Fue fundado en 1961 en Suiza, su misión es detener la degradación del ambiente natural del planeta y construir un futuro en el que los seres humanos vivan en armonía con la naturaleza. Cuenta con unos 5 millones de miembros y una red mundial de 27 organizaciones nacionales, que trabajan en más de 100 países.

En Guatemala también existen organizaciones que buscan conservar el medio ambiente, entre las más importantes están:

- Asociación Amigos del Lago de Amatitlán
- Asociación Fundaselva de Guatemala
- Asociación Salvemos Guatemala
- Asociación Tikal
- Instituto Nacional de Bosques, INAB
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales

### **8.3. Cómo disminuir el impacto negativo causado por la generación y uso excesivo de energía eléctrica**

El incremento de la demanda y consumo de energía y las dificultades que existen para satisfacer esta demanda con las fuentes de energía disponible.

#### **8.3.1. Cómo disminuir impacto negativo causado por la generación de energía eléctrica**

Existen varias soluciones técnicas en cada caso concreto de daño al medio ambiente, causado por la generación de energía eléctrica, pero como principal acción se debería atender en todos los casos el principio de precaución.

- El principio de precaución: es un modelo basado en la toma de medidas preventivas, antes de esperar pruebas científicas concluyentes sobre la causa y efecto entre la actividad y el daño causado por esta. Se basa en el supuesto de que toda sustancia peligrosa o actividad humana no pueden ser inocuas y que se requiere prevenir un potencial daño grave o irreversible, incluso en la falta de certeza científica absoluta.

Aplicado a la generación de energía eléctrica y el impacto negativo de esta sobre el medio ambiente, el principio de precaución se centraría en las siguientes acciones:

- Eliminación del uso de sustancias peligrosas y su sustitución por alternativas más seguras, basándose en la química verde, que consiste en actuar al inicio, en la formulación y fabricación de una

sustancia, producto o material, haciendo previsiones sobre sus potenciales efectos medioambientales y de salud.

- Evitando la tala de bosques y explotación del suelo futuro, basándose en la anticipación de construcción de centrales hidroeléctricas, mareomotrices, termoeléctricas, geotérmicas, nucleares, eólicas y fotovoltaicas.

Si tan solo se realizarán acciones como las anteriores, basadas en el principio de precaución se lograría algunos factores positivos:

- Reducción de toda contaminación futura.
- Reducción del volumen de residuos tóxicos.
- Aumento de la seguridad en el trabajo.
- Mayores beneficios respecto a los costes de fabricación energética.
- Se reducirían costes ambientales y sanitarios.

### **8.3.2.      Cómo disminuir impacto negativo causado por el uso excesivo de energía eléctrica**

Como primera acción a realizar para disminuir los efectos causado por el consumo excesivo de energía eléctrica es hacer conciencia y generarla en el resto de la sociedad guatemalteca. Conciencia referente a la disminución en el consumo de energía eléctrica en los hogares, oficinas, comercios.

Para lograr un consumo menor de energía eléctrica se pueden tomar medidas de acción que ya se plantearon durante el transcurso de esta tesis:



- Aplicar domótica para gestionar sistemas de iluminación, climatización y electrodomésticos.
- Cambiar hábitos de uso de todo tipo de equipo que consuma energía eléctrica, con el propósito de optimizar su funcionamiento.
- Desconectar los electrodomésticos que no se están utilizando, evitando así el consumo fantasma que generan los electrodomésticos en modo de consumo en espera (*stand by*).
- Utilizar sistemas que aprovechen fuentes de energía renovables, como energía alterna a la energía eléctrica distribuida por la red eléctrica nacional.

Otras soluciones que se deben tomar en cuenta:

- Realizar procesos de depuración de aguas contaminadas: tratamiento de aguas contaminadas antes de ser vertidas en ríos, lagos y mares, evitando contaminar el hábitat natural de personas y especies animales.
- Reducir el uso de recursos no renovables: búsqueda constante de reemplazar recursos no renovables en la generación de energía eléctrica, que además generan residuos tóxicos, por fuentes de energía renovables como las del sol, el aire o biomasa.
- Creación de leyes y normas: corresponde a los gobiernos crear una legislación que rija y regule el impacto negativo que conlleva generar y utilizar energía eléctrica.

- Apoyar organizaciones locales o internacionales: queda claro que todos los habitantes de la Tierra deben buscar conservar el medio ambiente, y es responsabilidad de cada uno actuar desde ya, una manera directa de hacerlo es apoyando las distintas ONG locales e internacionales afines a este objetivo.
- Apoyar empresas que fabrican productos respetuosos.
- No desechar a la basura electrodomésticos viejos, devolverlos al fabricante.

## CONCLUSIONES

1. Desde los primeros días de la energía eléctrica hasta la actualidad, su uso ha sido desmesurado y sin ninguna conciencia, problemática actual que se cambia con acciones al alcance de la sociedad.
2. La domótica es un término moderno que no hace mucho se ha adoptado en Guatemala, pero poco a poco se ha ido popularizando debido a la necesidad e importancia de sus aplicaciones, siendo una de ellas la eficiencia energética, medio por el cual se reduce significativamente el monto de la factura eléctrica mensual.
3. Técnica y económicamente es factible diseñar e instalar un sistema de paneles solares fotovoltaicos, para inyectar a la red eléctrica energía renovable e independiente de la red eléctrica comercial.
4. Al instalar un sistema domótico aplicado a la eficiencia energética en fuentes luminosas, se reduce significativamente el consumo de energía eléctrica ganando a su vez comodidad y seguridad.
5. Utilizando al máximo la energía solar térmica, por medio de la instalación de un sistema domótico aplicado a la eficiencia energética en climatización y agua caliente sanitaria, se reduce drásticamente el consumo de energía eléctrica.
6. Al racionalizar el uso de electrodomésticos por medio de la instalación de un sistema domótico aplicado a la eficiencia energética en el uso de

electrodomésticos, se suprime el consumo de modo de espera de todo aparato eléctrico.

7. Para lograr un sistema domótico seguro, la red eléctrica tiene que cumplir normas de seguridad eléctrica específicas, contar con un sistema de medición cien por ciento confiable y prescindir de algunas comodidades que inyectan altos consumos e inseguridad eléctrica.
8. Conociendo los altos índices negativos que causa la generación y uso excesivo de energía eléctrica, se genera conciencia que logra un cambio en la conducta social, de tal manera que ayuden al medio ambiente a contrarrestar el impacto negativo.

## RECOMENDACIONES

1. En toda aplicación que se le de a la energía eléctrica se utiliza únicamente la energía necesaria. Realizar conciencia frente a la problemática actual del uso desmesurado de energía a nivel mundial.
2. Utilizar la domótica al momento de instalar toda red eléctrica industrial o residencial, de manera que cada día se influencie más a la población guatemalteca a estudiar, diseñar e implementar domótica en nuestros hogares, principalmente en el campo de la eficiencia energética.
3. Tomar en cuenta la energía solar fotovoltaica en todo proyecto de construcción residencial, ya que la implementación de un sistema de paneles solares reducirá el consumo de energía eléctrica comercial.
4. En el campo de la iluminación se sugiere instalar un sistema domótico aplicado a la eficiencia energética, de manera que optimice la funcionalidad de toda fuente de luz, aprovechando al máximo la luz natural durante el día.
5. Tomar en cuenta la energía solar térmica en todo proyecto de climatización y agua sanitaria, siendo estos servicios los que más energía eléctrica demandan.
6. Un cambio de actitud y conducta positiva es de mucha ayuda frente a la problemática del uso excesivo de energía eléctrica, razón por la que toda persona debe considerar cambiar hábitos en el uso de

electrodomésticos, e implementar un sistema domótico aplicado a la eficiencia energética para racionalizar el uso de los mismos, de manera que se ahorre la energía que estos devengan cuando están en modo de consumo en espera.

7. Es de total importancia que todo sistema domótico cumpla con las normas de seguridad eléctrica internacionales, por lo que se sugiere que toda red eléctrica residencial cuente con un sistema de medición cien por ciento seguro, los dispositivos sean los adecuados y no instalar a la red algunas comodidades que inyectan riesgos y gastos de energía mayores.
8. Toda generación y consumo de energía eléctrica tiene impacto en nuestro medio ambiente, generalmente este impacto es de carácter negativo, de tal manera que al considerar todas las acciones que expone este trabajo de graduación, lograríamos contrarrestar y disminuir tal impacto.

## BIBLIOGRAFÍA

1. COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA. Norma *técnica de generación distribuida renovable y usuarios autoprodutores con excedentes de energía*, NTGDR. Resolución CNEE-227-2014. Guatemala: CNEE, 2014.
2. CONRAD, Magrí. *Apuntes de eficiencia Energética*. Madrid: 2012. 95 p.
3. DANIEK, Michel. *Energía solar en sistemas de 12 voltios. Mateu Ortoneda* (Rev.). Andalucía: Ecohabitar, 1997. 178 p.
4. GARCÍA-BADELL LAPETRA, José Javier. *Cálculo de la Energía Solar*. Madrid: Bellisco Ediciones, 2003. 296 p.
5. HUIDOBRO MOYA, José Manuel; MILLÁN TEJEDOR, Ramón Jesús. *Domótica: Edificios inteligentes*. Madrid: Creaciones Copyright, 2004. 364 p.
6. \_\_\_\_\_. *Manual de Domótica*. Madrid: Creaciones Copyright, 2010. 220 p.
7. Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía, Comité Español de Iluminación *Guía técnica de eficiencia energética en iluminación*. Madrid: IDEA-CEI Imprenta, 2001. 95 p.

8. JUTGLAR BANYERES, Lluís. *Generación de energía solar fotovoltaica*. Madrid: Marcombo, 2010. 255 p.
9. MARTÍN DOMÍNGUEZ, Hugo; SÁEZ VACAS, Fernando. *Domótica: un enfoque sociotécnico*. Madrid: Fundación Rogelio Segovia, 2006. 314 p.
10. Pareja Aparicio, Miguel. *Energía solar fotovoltaica: Cálculo de una instalación*. Madrid: Marcombo, 2009. 200 p.
11. \_\_\_\_\_. *Radiación solar y su aprovechamiento energético*. Madrid: Grupo Editorial Alfaomega, 2010. 319 P.
12. SOSO, VLADIMIR. *Manual PIC SIMULATOR ID*. EE.UU: Oshon Software, 2015. 89 p.



## APÉNDICES

### Formulario: Formulario de informe de excedente de energía.

FORMULARIO PARA QUE EL USUARIO AUTOPRODUCTOR CON EXCEDENTES DE ENERGÍA  
INFORME AL DISTRIBUIDOR SOBRE LAS INSTALACIONES DE GENERACIÓN DENTRO DE SUS INSTALACIONES

ESPACIO PARA SELLO DE EMPRESA CON FECHA  
DE RESEPCIÓN DE LA SOLICITUD

#### 1. Datos generales del usuario:

Nombre del usuario o representante legal: \_\_\_\_\_

Razón social de la entidad: \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

Municipio: \_\_\_\_\_ Departamento: \_\_\_\_\_

Teléfono: \_\_\_\_\_ Correo electrónico: \_\_\_\_\_

Número de identificación del usuario ante el Distribuidor:

EEGSA (correlativo): \_\_\_\_\_

DEOCSA (NIS): \_\_\_\_\_

DEORSA (NIS): \_\_\_\_\_

EEM: \_\_\_\_\_

#### 2. Datos generales del proyecto:

2.1 Fuente de energía renovable (marque la(s) que corresponda(n):

☐ Biomasa

☐ Eólica

☐ Geotérmica

☐ Hidráulica

☐ Solar

2.2 Especificaciones técnicas:

Número de unidades generadoras \_\_\_\_\_ Potencia total instalada \_\_\_\_\_ KW

2.3 Medios de protección, control y desconexión automática:

☐ Si

☐ No

Describir las características: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Manifiesto que NO deseo participar como vendedor de energía eléctrica y solicito realizar la inspección técnica correspondiente y el suministro e instalación del medidor bidireccional respectivo. (En el caso de Usuarios regulados, el suministro e instalación del medidor respectivo lo cubrirá el Distribuidor, mientras que los Grandes Usuarios son responsables de su sistema de medición)

Lugar y Fecha: \_\_\_\_\_ día \_\_\_\_\_ mes \_\_\_\_\_ año \_\_\_\_\_

DPI (CUI) \_\_\_\_\_ Firma: \_\_\_\_\_

Fuente: elaboración propia.

## **ANEXOS**

### **Reglamento ITC-BT-11**

El reglamento ITC-BT-11 (Instrucciones técnicas complementarias de baja tensión), aplicado en la instalación de acometidas de redes de distribución de energía eléctrica de baja tensión.

### **Norma UNE 20-234 (IP.535)**

Norma que define los grados de protección IP con tres cifras, que hace referencia a 3 influencias externas:

- Presencia de cuerpos sólidos.
- Presencia de agua.
- Presencia de choques mecánicos.

En el caso del grado de protección IP.535 se refiere a las siguientes influencias:

- 5: Protección contra el polvo.
- 3: Protección contra el agua de lluvia.
- 5: Protección contra choques eléctricos.

## **Software PIC SIMULATOR IDE**

Es una potente aplicación que proporciona a los desarrolladores de proyectos con microprocesadores PIC, un entorno de desarrollo fácil de usar sobre Windows, con el simulador integrado, compilador de Basic, ensamblador, desensamblador y depurador. PIC Simulador IDE soporta actualmente las siguientes líneas de microcontroladores PIC de Microchip, 12F, 16F y 18F.

## **Simulator Proteus 8**

Es un programa de diseño y simulación electrónica, desarrollado por *Labcenter Electronics* que consta de los dos programas principales: Ares e Isis, y los módulos VSM y Electra.

ISIS: Mediante este programa podemos diseñar el circuito que deseemos con componentes muy variados, desde una simple resistencia hasta un microprocesador o microcontrolador, incluyendo fuentes de alimentación, generadores de señales y muchas otras prestaciones. Los diseños realizados en Isis pueden ser simulados en tiempo real.

ARES: Ares es la herramienta de rutado de Proteus, se utiliza para la fabricación de placas de circuito impreso, esta herramienta puede ser utilizada de manera manual o dejar que el propio programa trace las pistas.

Fuente: elaboración propia.